COMPTE RENDU

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 1er FÉVRIER 1869.

PRÉSIDENCE DE M. CLAUDE BERNARD.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le Ministre de l'Instruction publique adresse à l'Académie la Lettre suivante :

« Monsieur le Président,

» Les astronomes se préoccupent du grand événement scientifique que signalera l'année 1874 : le passage de Vénus sur le disque du Soleil, que nos savants devront aller observer presque aux antipodes, à la Terre de Van Diemen, et chacun d'eux cherche déjà comment on pourra affranchir ces observations des causes d'erreur qui ont affecté, d'une façon si étrange, celles de 1769.

» Le Gouvernement, de son côté, n'oublie pas qu'il est tenu de préparer tous les moyens de rendre moins pénible et plus profitable pour la science le dévouement des savants qui voudront s'exposer aux fatigues d'une si lointaine traversée. L'heureuse issue des dernières expéditions envoyées aux Indes et dans la presqu'île de Malacca pour l'observation de l'éclipse totale du 18 août 1868, l'importance des résultats obtenus par nos astronomes qui ont vaillamment conquis à la France le premier rang dans cette

lutte pacifique, tout nous oblige à de grands efforts, et, par conséquent, aux longues études qui sont nécessaires pour en assurer le succès.

» Les difficultés qui se sont rencontrées dans les expéditions de 1769, l'expérience acquise dans les préparatifs précipités de celle de 1868 font, en effet, comprendre qu'il est indispensable de s'occuper, dès maintenant, des dispositions à prendre. D'ailleurs, les communications récemment faites à l'Académie sur ce sujet concluent toutes à l'emploi de puissants instruments, d'une perfection presque absolue au point de vue optique : je sais que la science française, grâce aux travaux de L. Foucault, est, aujourd'hui, en état de fournir de tels appareils, mais il faut du temps pour les construire et les éprouver.

» Je vous prie donc, Monsieur le Président, de vouloir bien soumettre à l'Académie les questions suivantes sur lesquelles le Gouvernement a besoin des lumières spéciales de ce Corps savant, pour décider les mesures administratives à prendre en vue des futures expéditions :

» 1° Quelles sont les stations dans lesquelles devront être envoyés les observateurs, et quel devra être le nombre de ces observateurs?

» 2° Quels sont les instruments dont ils devront être munis pour l'observation de Vénus et pour les autres recherches dont ils pourraient être chargés?

» 3° N'y a-t-il pas lieu d'utiliser la présence de ces astronomes sous des latitudes éloignées, pour leur demander des observations particulières, soit sur les positions des étoiles du ciel austral, soit sur l'étude physique des astres de cet hémisphère?

» 4° Y a-t-il convenance, suivant la proposition faite par MM. Wolf et André, dans leur communication à ce sujet, à inviter les astronomes étrangers à conférer avec les nôtres, pour établir, dans les différentes stations, un système uniforme d'observation.

» L'expédition astronomique pourrait aussi être utilisée en faveur des autres sciences. L'Empereur désire donner à cette expédition le caractère d'une longue campagne scientifique, pour toutes les questions dont l'étude peut se poursuivre à travers l'Océan et dans l'autre hémisphère.

» Veuillez, Monsieur le Président, informer l'Académie de ces intentions du Gouvernement impérial. Votre savante Compagnie peut seule donner aux recherches une direction utile et assurer, par ses instructions, le succès de cette grande entreprise. »

« **M. E. Laugier**, après la lecture de la Lettre de M. le Ministre de l'In-

struction publique, annonce à l'Académie que le Bureau des Longitudes s'est occupé, à diverses reprises, de l'observation du prochain passage de Vénus sur le Soleil. Le Bureau a examiné et discuté en dernier lieu quelles sont les stations où il devra envoyer des observateurs, et il a choisi, entre autres points dans lesquels l'entrée et la sortie seront toutes deux visibles : Pékin, Shang-Haï ou Yokohama dans l'hémisphère nord; les îles Saint-Paul et Amsterdam dans l'hémisphère sud. La différence entre les durées totales du passage dans ces deux groupes sera de 23 minutes, d'après les calculs de M. Puiseux, Membre du Bureau; les observations qui y seraient faites pourraient donc se prêter très-bien à la détermination de la parallaxe du Soleil suivant la méthode de Halley.

» Au point de vue des entrées hâtives et tardives, le Bureau des Longitudes s'est occupé respectivement des îles Marquises et des îles Saint-Paul et Amsterdam; et des stations de Suez ou de Mascate et des îles Kerguelen, au point de vue des sorties tardives et hâtives.

» Pour comparer entre elles les observations du passage de Vénus, il est nécessaire, selon la méthode que l'on adopte, de connaître exactement les positions relatives des méridiens des diverses stations. Ceux de Yokohama, de Shang-Haï et de Mascate sont au nombre des méridiens fondamentaux dont M. le Ministre de la Marine fait déterminer en ce moment les positions, à la demande du Bureau des Longitudes, qui s'efforcera de faire comprendre dans ce grand travail les stations qui auront été définitivement adoptées. »

MÉCANIQUE. — *Compte rendu de la Méthode suivie par* feu Gambey *pour diviser le grand Cercle mural de l'Observatoire impérial de Paris;* par le **Baron A. Séguier**, son confrère, honoré de toute sa confiance et témoin de cette délicate opération. [Contenu d'un paquet cacheté déposé par M. le Baron Séguier le 22 août 1848, ouvert sur sa demande dans la séance du 25 janvier 1869, au moment où une Note lue par M. Le Verrier sur des observations d'étoiles faites par lui, à Paris, avec le Cercle de Gambey, faisait ressortir l'*irréprochable* mérite de cet instrument (1).]

« M. Gambey, bien convaincu des difficultés insurmontables que présentent l'exécution d'une denture uniforme autour d'un cercle et la confec-

(1) L'Académie a décidé que cette communication, bien que dépassant en étendue les limites réglementaires, serait insérée en entier au *Compte rendu*.

tion d'une vis tangente à pas réguliers, a pensé que le moyen le plus certain d'obtenir, avec les éléments imparfaits, des résultats d'une rigoureuse exactitude était d'étudier avec soin leurs irrégularités et de les compenser par des quantités d'un ordre inverse. Telle est la base de la méthode de division par laquelle il est parvenu à tracer sur le limbe du plus grand cercle astronomique une graduation d'une précision inconnue avant lui.

» Pour procéder à une division quelconque, il importe de déterminer une unité fixe dont la répétition, un certain nombre de fois précis, sera le résultat cherché. Les cercles astronomiques sont divisés en degrés au nombre de trois cent soixante ; les degrés principaux sont subdivisés en nombres plus ou moins grands suivant la dimension du cercle, de façon que les traits de la division vus au travers d'une forte loupe restent toujours distincts entre eux ; l'emploi des verniers permet d'apprécier des quantités qui correspondent à $\frac{1}{500000}$ de mètre. Ces seules explications suffisent pour faire comprendre la nécessité de la fixation de la base.

» Nous allons nous efforcer de décrire fidèlement, sans figures, la Méthode suivie par M. Gambey pour diviser le grand Cercle de l'Observatoire. Il s'agissait de tracer sur son limbe de grande dimension une division dans laquelle l'habile artiste ne voulait laisser subsister aucune irrégularité.

» Sans nous étendre sur la construction du cercle en lui-même, ni rappeler les précautions prises pour soumettre toutes ses parties à une tension moléculaire uniforme, il nous suffit de dire que le cercle fut tourné tout monté sur son propre axe, dont les collets avaient été parfaitement rodés pour assurer la régularité de leur forme. Pendant la division, l'instrument fut installé et maintenu dans une position horizontale à l'aide d'un seul coussinet en forme de V placé à la partie supérieure de son axe ; l'extrémité inférieure de cet axe avait aussi été façonnée en pointe pendant qu'il tournait sur ses collets bien rodés; un fort ressort de pression poussait constamment l'axe dans le coussinet en V. On comprend que, par suite de cette disposition, l'axe, debout sur sa pointe parfaitement centrée, ne frottait que par trois arêtes de cylindre; cette précaution était nécessaire pour le débarrasser des erreurs d'excentricité que l'inégalité des couches d'huile autour des axes amène dans les centres des instruments astronomiques.

» Quatre lourds blocs de pierre, également espacés entre eux, furent solidement scellés au pourtour de l'instrument à diviser, dans le sol d'un rez-de-chaussée sans cave, loin de l'ébranlement que causent les voitures par leur circulation sur le pavé des rues.

Ces quatre massifs de pierre servaient de support à quatre microscopes

munis de fils croisés et pourvus de lentilles achromatiques d'une forte puissance amplificative; ils furent installés sur des coulisses de façon à pouvoir être déplacés, au besoin, d'une certaine quantité mesurée et réglée par un mouvement micrométrique. C'est à l'aide de ces microscopes que M. Gambey a commencé par déterminer un premier diamètre passant par le centre de l'axe. En effet, en plaçant sur les bords du cercle deux repères mobiles et en déplaçant, tour à tour, les microscopes et les repères, il est arrivé à pouvoir faire faire au cercle un demi-tour, en retrouvant toujours les repères sous les fils croisés des microscopes.

» Cette vérification faite un grand nombre de fois, alors que toutes les parties du limbe étaient à une température uniforme, M. Gambey, par une seconde opération analogue, agissant avec les deux autres microscopes d'abord, puis avec les quatre à la fois, parvint à croiser un second diamètre passant également bien par le centre de l'axe, et rigoureusement à angle droit avec le premier, c'est-à-dire à diviser son cercle en quatre parties parfaitement égales. M. Gambey fut certain que l'opération était précise lorsqu'il put faire passer, tour à tour, ses quatre points cardinaux sous chaque microscope en constatant toujours une coïncidence parfaite entre les repères et les fils croisés des quatre microscopes à la fois.

» A l'aide de ces quatre microscopes devenus désormais invariables dans leur position, des repères intermédiaires furent rigoureusement espacés par tâtonnements successifs; et une partie importante de cette délicate opération fut ainsi accomplie, car les bases de toute la division se trouvaient dès lors invariablement posées. Ce travail préliminaire, pendant lequel la longue patience de l'opérateur a joué le rôle principal, se trouvant terminé, M. Gambey exécuta sur le bord du cercle même la denture dans laquelle il devait placer la vis tangente qui lui servirait à tracer son admirable division. Installant pour cela, sur l'un des blocs qui avait porté l'un des quatre microscopes, un appareil de hache à fendre, il fit dans le bord du cercle, vis-à-vis de chaque repère, une section à laquelle il eut le soin de donner une inclinaison égale au rampant du pas de la vis qui devait s'y appliquer.

» L'exactitude d'espacement des repères assurait la régularité des distances entre les incisions ou dentures creuses, il restait à subdiviser avec une vis-fraise les espaces intermédiaires. Cette opération pouvait-elle se faire avec une précision rigoureuse? M. Gambey ne l'espéra pas! Il ne fit aucune tentative pour l'obtenir, tant était grande sa foi dans l'efficacité de sa Méthode rectificative pour assurer le succès! Indiquons, néanmoins,

les ingénieux procédés suivis par lui pour compléter la denture du bord du cercle.

» L'espace à garnir d'incisions entre chacune des hachures pratiquées en face de chaque repère fut simplement apprécié par la juxtaposition d'une règle divisée, et sans plus de soin une vis dont l'écartement du pas correspondait à cet espace, autant que possible en nombres ronds, fut construite. Le premier pas de cette vis, convertie en fraise par les moyens ordinaires, fut inséré sous la pression d'un fort ressort dans la hachure pratiquée vis-à-vis du premier repère; en la faisant tourner, M. Gambey examina avec soin comment elle arrivait dans la hachure pratiquée vis-à-vis du repère suivant. Cette vis était fractionnée en deux tronçons susceptibles d'être écartés entre eux tout en conservant sur une même ligne une arête commune. M. Gambey se ménagea ainsi la possibilité de modifier en quelque sorte l'écartement du pas de sa vis, et se servit de ce stratagème pour faire arriver, par des fraisages successifs, sa vis le mieux possible dans la hachure voisine. Mais, pour ne pas additionner les petites erreurs inévitables encore de cette opération, il arrêtait l'action coupante de sa vis-fraise au moment où son dernier filet atteignait l'extrémité de l'espace compris entre chaque hachure, pour recommencer à engager le premier filet dans la hachure suivante. C'est ainsi que successivement toute la circonférence du grand Cercle de l'Observatoire a été dentée partie par partie. Cette opération presque toute machinale étant terminée, le travail de haute intelligence de notre regretté confrère dut commencer! Nous allons essayer d'exposer clairement toute l'ingéniosité de la méthode rectificative imaginée dans cette occasion solennelle par M. Gambey. Il s'agissait de rechercher les erreurs de la denture exécutées dans les conditions que nous venons d'indiquer; tant de précautions restaient encore insuffisantes pour obtenir cette perfection à laquelle visait le grand artiste si sévère pour ses propres œuvres!

» Par des séries d'observations consciencieuses, ces erreurs devaient être reconnues, appréciées numériquement; une Table devait en être dressée pour arriver plus tard, par ses nombres, à établir l'organe rectificateur chargé de les annihiler pendant le tracé de la division. Pour obtenir cet important résultat, M. Gambey engagea une vis tangente dans la denture du bord du cercle, pendant que les quatre premiers repères, marqués chacun d'un zéro, étaient en parfaite coïncidence avec les fils croisés de ses quatre microscopes; puis, faisant tourner lentement la vis, il tint compte fidèle du nombre de tours et fractions de tour qu'elle dut faire pour

amener successivement chaque repère sous les microscopes. Nous devons ajouter que, pour mieux apprécier les fractions de tour de la vis, M. Gambey avait muni son axe d'un plateau circulaire soigneusement divisé. En notant d'abord ses nombres de tours et de leurs fractions, il trouva la loi des erreurs totales contenues entre chaque repère.

» Cela ne suffisait pas pour arriver au résultat final, il fallait encore savoir comment cette somme d'erreurs se répartissait entre les dents comprises dans l'espace inscrit entre chaque repère. M. Gambey mobilisa alors le support portant la vis tangente, pour l'insérer successivement dans chaque dent, en s'assurant, à chaque insertion nouvelle, que les repères étaient toujours en parfaite coïncidence avec les fils des microscopes. Par cette transposition successive du point de départ ou du point d'arrivée dans chacune des dents comprises entre les repères, M. Gambey est parvenu à déterminer rigoureusement l'erreur de chacune d'elles. En faisant la somme de toutes ces erreurs individuelles, en la divisant par le nombre des dents contenues entre chaque repère, il a connu l'erreur moyenne de chaque dent; puis, en procédant par groupes de repères de deux en deux, de quatre en quatre, il est parvenu à prendre successivement des moyennes, qui sont devenues en définitive les bases d'exécution de son organe rectificateur. On comprend en effet que, si les quantités arithmétiques sont traduites en dimensions linéaires, il sera possible de tracer sur un plateau des rayons dont le nombre égalera celui des groupes numériques, et dont la longueur sera proportionnelle à la somme des dimensions linéaires composant les moyennes. Eh bien, si ce plateau est monté sur l'une des extrémités de l'axe de la vis tangente destinée à opérer la division finale, de telle sorte qu'il fasse sa révolution propre dans le même temps de ce cercle à diviser, on concevra que la manivelle de la vis tangente pourra à chaque tour, en s'arrêtant sur un point de la circonférence de ce plateau, rencontrer des rayons de longueur différente, qui ajouteront ou soustrairont, à la révolution de la vis, les quantités convenables pour lui faire imprimer au grand Cercle le mouvement angulaire correspondant à des divisions rigoureusement équidistantes entre elles. C'est par cette conception d'une si grande portée, pour l'art de la construction des instruments de précison, que feu Gambey, de mémoire à jamais regrettable, est parvenu à tracer, sur le grand Cercle de l'Observatoire de Paris, cette division dans laquelle il n'a pas hésité à repasser le tracelet, pour lui donner une profondeur qui avait paru insuffisante à M. Arago, alors qu'elle venait d'être heureusement terminée.

» Après avoir obtenu cet éclatant succès, M. Gambey voulut aussi doter la plate-forme ordinaire de la même précision. Pour bien faire comprendre comment il a su plier son génie inventif aux exigences d'organes déjà existants, nous indiquons dans quelles conditions cette machine à diviser a elle-même été par lui établie. Si l'on réfléchit qu'avant l'invention de la Méthode rectificative la plate-forme de M. Gambey était celle qui, pour la division circulaire des instruments, donnait les résultats les plus satisfaisants, ces indications ne paraîtront pas sans utilité; elles sont, dans notre paquet cacheté, l'objet d'une seconde Note, et le mode d'application de la Méthode rectificative à cette plate-forme est décrit dans une troisième. Ces deux Notes sont encore remplies de détails techniques; nous craignons que leur audition ne fatigue l'Académie après la longue attention dont elle vient de nous favoriser. Pour rester discret, nous cessons notre lecture et demandons l'autorisation de joindre, pour l'impression, ces deux Notes à celle que nous venons de lire. Le contenu de notre paquet cacheté se trouvera ainsi révélé en son entier à tous ceux qu'intéresse l'exacte division des instruments de mathématiques, et le trésor des procédés pratiques que notre illustre confrère emportait avec lui dans le tombeau restera sauvé.

Description des procédés suivis par M. Gambey pour l'exécution de sa plate-forme.

» M. Gambey, jaloux d'exécuter des divisions plus précises que celles des autres constructeurs ses rivaux, a eu l'heureuse idée d'introduire, dans l'exécution et l'emploi de sa plate-forme, la Méthode des moyennes rectificatives des légères erreurs qui n'échappent pas à un examen sévère des instruments les plus renommés. Nous allons essayer de faire comprendre comment il s'y est pris pour faire cette application.

» Pour établir son plateau diviseur, dit *plate-forme* en termes d'atelier, notre confrère a superposé deux limbes de cuivre jaune bien également écrouis, et les a unis entre eux par des vis symétriquement espacées; après avoir appliqué ce limbe double sur la jante d'une roue de fonte dressée sur le tour, toute montée sur son axe même en acier, soigneusement tourné et fidèlement rodé, il lui fit subir l'opération de la denture au moyen d'une vis-fraise tangente dont l'écartement des pas avait été réglé de façon à l'inscrire, un certain nombre de fois déterminé d'avance, sur le pourtour de ce limbe. Quelques tâtonnements entre la circonférence de la plate-forme, tenue d'abord un peu plus grande qu'il n'était nécessaire, et l'écartement du pas de la vis suffirent pour faire trouver le rapport convenable entre ces deux parties pour obtenir l'effet cherché.

» La denture, au surplus, fut réalisée par fraction successive du limbe; sa circonférence avait soigneusement été divisée au compas en parties égales; la vis tangente fut donc tour à tour appliquée à chaque portion; un ressort de pression la comprimait contre le bord du limbe pour y imprimer les arêtes de ses filets; en comptant le nombre des révolutions et en examinant avec une loupe comment le même pas de la vis, qui a servi de point de départ, venait rencontrer la ligne qui délimite la portion de circonférence sur laquelle on agissait partiellement, il fut facile de s'assurer si le même pas arrivait en parfaite coïncidence avec cette ligne. L'erreur à rectifier ne pouvait être qu'un retard de la vis, par suite de la précaution prise de commencer l'opération sur le bord du limbe, alors que sa circonférence est encore un peu plus grande qu'il ne faut pour que son développement corresponde au nombre précis de dents dont on veut pourvoir la plate-forme.

» Cette erreur en trop fut promptement corrigée en diminuant un peu, sur le tour, la circonférence du limbe. Il est bon d'observer pour ceux qui voudront répéter les observations, que le tournage du limbe fût arrêté alors que l'erreur en trop subsistait encore légèrement, l'enfoncement du pas de la vis dans le bord du limbe devant bientôt compenser cette différence. En procédant autrement, on s'exposerait n'avoir pour résultat final que des dents maigres et ballottantes entre les pas de la vis tangente; pour éviter d'additionner des erreurs légères d'abord, mais dont l'accumulation finirait par égaler l'écartement d'un pas entier, il importe de désengrener la vis tangente après avoir imprimé ses filets sur une certaine partie de la circonférence, et de recommencer pour la partie suivante en plaçant comme la première fois, avec grand soin, le même pas de la vis adopté pour point de départ vis-à-vis la ligne séparative de chaque fraction de la circonférence du limbe. Cette première opération de l'impression du pas de la vis, un certain nombre précis de fois autour de la plate-forte étant faite, il importait d'enfoncer suffisamment le pas de la vis dans le bord du limbe; pour cela, M. Gambey fit tourner la vis-fraise sous la pression d'un ressort, en faisant entraîner par elle le limbe tournant avec son axe. Pour éviter que l'inertie de la roue de fonte portant le limbe et que les frottements de l'axe n'exposassent la vis-fraise à couper plus d'un côté que de l'autre, il équilibra cette résistance au moyen d'un contre-poids suspendu au bout d'une corde enroulée sur l'axe et soutenue sur une poulie; la masse convenable fut trouvée par simple tâtonnement, en laissant tomber de la grenaille de

plomb dans un petit seau attaché au bout de la corde, jusqu'à ce que tout le système fût prêt à se mouvoir.

» Pendant l'opération du fraisage de la denture dans le bord du limbe, M. Gambey apporta la plus grande attention à ce que la plate-forme ne cessât pas d'être ronde, ce qui serait arrivé par suite du plus léger défaut d'homogénéité du métal, si la vis-fraise eût pu agir sans limite sous la pression du ressort. Pour éviter cette déformation d'une extrême gravité, il munit le support de la vis-fraise d'une vis de butée qui, prenant point d'appui sur une partie de l'épaisseur non attaquée du bord du limbe, servait pendant l'opération à régler la coupe, et permit d'arrêter au moment où la denture avait atteint la profondeur désirée; en faisant tourner longtemps la plate-forme sous l'action coupante de la vis-fraise ainsi limitée dans son enfoncement par la vis de butée de son support, M. Gambey maintint la rondeur de sa plate-forme, et assura la concentricité de la denture avec l'axe. Le limbe denté sur toute sa circonférence avec les précautions indispensables que nous venons d'indiquer est bien loin encore de la perfection de division dont il doit devenir la base; il faut lui appliquer la méthode des moyennes pour amoindrir les erreurs dont sa denture n'est pas exempte. La rectification par la méthode des moyennes peut se faire de deux façons.

» En soumettant successivement toute la denture du limbe à l'action des deux vis-fraises maintenues dans une position invariable d'écartement pendant tout le temps qu'elles continuent à faire de la limaille, les erreurs, en plus ou en moins, doivent disparaître, ou encore en désunissant les deux limbes superposés pour les varier de position entre eux, en les changeant d'abord diamètre pour diamètre, puis en les croisant entre eux à angle droit, en les faisant enfin passer par tous les rapports de position que l'espacement symétrique des vis de jonction peut permettre; puis en faisant agir la vis-fraise un temps suffisant après chaque mutation de position, il s'établira entre les dentures trop espacées et celles trop serrées des deux limbes, soumises à la fois à son action, une compensation des unes par les autres, qui se résumera finalement par un écartement moyen de toutes les dents. C'est à cette seconde manière d'appliquer la Méthode des moyennes rectificatives que M. Gambey donna la préférence.

» Après l'avoir mise en œuvre avec soin et patience, il parvint à obtenir une base déjà assez précise pour diviser des instruments astronomiques; mais notre confère n'était point homme à en rester satisfait; aussi, dans le montage définitif de sa plate-forme, a-t-il pris le soin de la faire fonctionner entre quatre vis tangentes pour subdiviser entre elles les légères im-

perfections qui pouvaient subsister encore, après le travail préparatoire que nous avons décrit.

» Cette application de la Méthode des moyennes rectificatives a donné pour résultat cette précision de division, qui a fait la réputation, si bien méritée, des instruments sortis de ses ateliers.

» Divers moyens accessoires y ont pourtant concouru, et puisque notre confrère a bien voulu tout nous dire, qu'il nous soit permis de ne rien passer sous silence de ce qui peut assurer l'exactitude des divisions. M. Gambey a pensé qu'il importait d'écarter toutes les causes d'erreurs provenant de l'excentricité de l'axe dans ces collets, par suite de l'inégalité d'épaisseur des couches d'huile.

» Pour laisser sa plate-forme complétement libre dans son mouvement angulaire, sous l'action de ses quatre vis tangentes, il a eu la pensée de soustraire son axe, pendant la division des instruments, au frottement de son collet supérieur, façonné en cône ainsi que le coussinet dans lequel il repose habituellement, un léger abaissement du coussinet les sépare; la plate-forme se trouve ainsi abandonnée entre les quatre vis, soutenue seulement sur son pivot inférieur.

» Par une judicieuse application du principe géométrique du parallélogramme, M. Gambey a encore eu le bonheur de débarrasser complétement ses divisions des erreurs que peut y introduire un cintrage imparfait, entre l'instrument à diviser et la plate-forme qui le divise.

» C'est par l'emploi de ces moyens radicaux fournis par la science que notre confrère manifestait toute l'étendue de ses connaissances théoriques; en prenant l'axe même de l'instrument à diviser pour centre, et point d'appui du système mécanique, opérant la division et en reliant à l'aide de deux articulations ce système a deux points fixes pris sur le bâti portant la plate-forme, il était parvenu à rendre complétement indifférente la place qu'occuperait l'instrument sur la plate-forme, puisque la vitesse angulaire imprimée à celle-ci par la rotation simultanée des quatre vis tangentes était toujours fidèlement transmise par les articulations formant parallélogramme au système du tracelet monté, comme nous venons de le dire, sur l'axe même de l'instrument à diviser pour en opérer sa division.

» Pour soustraire ses divisions aux erreurs résultant des variations de température pendant la durée de l'opération, il avait soin de ne procéder que lorsque le milieu dans lequel il agissait était constant; et, pour éviter l'influence du rayonnement calorifique du corps de l'opérateur par d'ingénieuses combinaisons de lames, de leviers, de compteurs, d'encliquetage,

il faisait produire automatiquement, par la chute d'un poids, le travail qu'une main exercée avait avant lui constamment exécuté.

» Ses soins minutieux étaient poussés jusqu'à équilibrer la masse des instruments placés sur la plate-forme en les suspendant à une corde passant dans une poulie fixée au plafond et terminée par un contre-poids proportionné. Des ressorts ou coussins élastiques étaient intercalés entre les points d'appui de sa plate-forme et le sol, pour la soustraire, pendant ses opérations, aux trépidations résultant du passage des voitures dans les rues; l'équipage de lames, de leviers et du tracelet diviseur était disposé de façon à se mouvoir en blanc un certain nombre de fois et sans opérer de division avant d'agir efficacement : par cette sage précaution, M. Gambey mettait d'un même côté tous les temps perdus que l'usure avait pu amener dans les rapports des divers organes transmettant le mouvement à la plate-forme et éliminait ainsi la nature d'erreurs qui en eût été la conséquence. La division achevée, le même mécanisme automoteur suspendait l'action du tracelet au moment précis où le dernier trait venait d'être marqué, pour éviter un double passage dans les premiers traits qui leur aurait donné plus de profondeur et par suite un aspect différent des autres.

» M. Gambey s'était aperçu que la continuité de l'opération, l'égalité des moments écoulés entre le tracé de chaque division, n'était pas sans influence sur le résultat final, et son désir de perfection était tel, qu'il ne négligeait aucune des circonstances qui pouvait l'en faire approcher.

» Nous venons de dire comment M. Gambey a établi sa plate-forme, la plus exacte qui ait jamais existé, nous avons expliqué avec quelles précautions il s'en servait pour obtenir le maximum de précision dont elle était susceptible ; nous allons faire connaître comment notre confrère, si sévère envers ses propres œuvres, peu satisfait encore d'une machine qui subdivise assez les irrégularités pour les rendre inappréciables par les moyens ordinaires de vérification, voulut ajouter à la Méthode des moyennes qui amoindrit les erreurs, la Méthode des ordonnées rectificatives qui les annihile, pour atteindre cette perfection absolue qui semble le privilége exclusif des œuvres de Dieu.

» La manière dont cette addition fut faite va être indiquée dans une troisième Note.

Application par M. Gambey à sa plate-forme de la Méthode des ordonnées rectificatives imaginée à l'occasion de la division du grand Cercle mural de l'Observatoire.

» M. Gambey, en opérant sur la plate-forme la division d'un cercle plus

grand qu'elle, savait très-bien qu'il acceptait des erreurs qui s'amoindrissent dans les cas ordinaires où l'instrument divisé est toujours plus petit que l'instrument diviseur ; aussi a-t-il voulu faire tourner cet inconvénient au profit de la machine-type. Après avoir exécuté une division sur le limbe d'un grand cercle sacrifié pour cette opération, il se mit, avec un soin minutieux et une infatigable patience, à la recherche des irrégularités ainsi accrues. Une alidade double, munie de verniers, servit à cet examen fait de cinq en cinq divisions, puis de dix en dix, puis de vingt en vingt. Ce consciencieux contrôle lui permit de dresser une Table numérique dont l'unité représentait une erreur déterminée, comme celle, par exemple, d'une ou deux secondes ; au moyen de ces nombres sommés par groupe et convertis en ordonnées proportionnelles inscrites tout autour d'un plateau circulaire, il parvint à délimiter le bord extérieur de ce plateau, de façon à ce que les courbes concaves et convexes qui en formaient le périmètre fussent l'expression exacte des séries croissantes ou décroissantes des erreurs observées dans leur amplification sur le limbe du cercle divisé, comme nous venons de le dire, sur une plate-forme plus petite que lui.

» M. Gambey prit le soin d'établir autour de son plateau les ordonnées rectificatives, dans un ordre identique avec les séries des observations qui avaient démontré les erreurs de denture ; le zéro du plateau fut placé en parfaite coïncidence avec celui de la plate-forme. Le plateau rectificateur ainsi établi pouvait opérer à propos ses fonctions rectificatives.

» Le but à obtenir, répétons-le, pour rester clair et compréhensible, était d'ajouter ou de soustraire au déplacement angulaire que subit successivement le tracelet après chaque trait tracé, la quantité nécessaire pour maintenir rigoureusement l'équidistance des divisions. Ce fut, en modifiant convenablement par l'un de ses angles le parallélogramme formé de l'assemblage de l'équipage du tracelet avec le bâti, qu'il obtint ce résultat; pour produire cette déformation, d'une façon proportionnelle aux erreurs, une combinaison de leviers fut installée entre le plateau rectificateur et le parallélogramme de l'équipage du tracelet; les ondulations des bords de l'un furent converties en déformations proportionnelles de l'autre; ainsi se trouvèrent ajoutées ou soustraites, au mouvement angulaire du tracelet, les quantités compensatrices destinées à annihiler, dans la division des instruments, les imperfections que la Méthode rectificative par les moyennes avait été impuissante à anéantir dans la denture de sa plate-forme. Par cet ingénieux stratagème, M. Gambey sut faire produire un travail précis à une machine inexacte! Son génie sut baser la précision sur l'irrégularité!!

» M. Gambey, dans la combinaison des leviers entre eux, avait très-habilement ménagé le moyen de faire varier les rapports de leurs bras, pour faire produire aux ondulations du plateau une traduction précise des erreurs observées sur le cercle amplificateur de celles subsistant encore dans sa plate-forme, malgré les précautions multiples prises pour les éviter durant sa construction.

» M. Gambey avait adopté, pour les charnières du mécanisme de sa plate-forme, le système des lames de ressort ployant, ne laissant jamais de temps perdu. Tous les axes étaient montés sur pointes, les bielles d'articulation ou de transmission de mouvement étaient formées de tringles d'acier, terminées en boules, retenues dans des fraisures hémisphériques par la tension de ressort à boudin, de cuivre ou d'acier; c'était encore par une application de la géométrie qu'il donnait à ses boules une rigoureuse sphéricité, la section d'une sphère parfaite étant un cercle, c'était à l'aide de cercles obtenus réguliers facilement sur le tour, qu'il amenait ses boules à leur perfection de forme; en rodant l'une à l'aide de l'autre, il rectifiait l'une par l'autre pendant toute la durée du rodage, et arrivait ainsi sûrement à une double perfection de forme, impossible par tout autre procédé de travail. La creusure hémisphérique, destinée à recevoir la boule, était tout aussi parfaite, grâce au procédé employé pour la produire : un disque d'acier fidèlement tourné en biseau, c'est-à-dire formant un cercle parfait et coupant par la circonférence, servait d'outil pour façonner cette creusure. M. Gambey invoquait la science pour la construction de ses moindres outils; ses équerres étaient composées d'un cylindre bien calibré, arrasé de ses deux bouts pendant qu'il était sur le tour et posé sur un plan parfait. La réflexion à grande distance des images par des miroirs lui servait à établir des niveaux plus rigoureux et plus sensibles que ceux à bulles d'air.

» Il faudrait faire minutieusement l'inventaire complet de l'atelier de notre confrère, si nous voulions donner une idée de la savante originalité de tous les mécanismes qui le garnissaient.

» M. Gambey avait l'intention de faire bénéficier ses machines à diviser la ligne droite, de l'invention de sa Méthode des ordonnées rectificatives. a mort l'a surpris avant que ce dernier œuvre fût accompli; sa haute renommée dans l'histoire de l'art de la construction des instruments peut bien se passer de ce titre de plus; pourtant, permettez-nous, en relevant ses pensées à cet égard, de payer à sa mémoire notre dette de reconnaissance pour la confiance absolue dont le grand artiste nous honorait.

» De même que nous avons expliqué comment M. Gambey avait établi sa plate-forme avant de la perfectionner, indiquons rapidement, en suivant le même ordre d'idées, comment il s'y était pris pour fileter une des vis les plus uniformes dans l'écartement de leurs pas. Convaincu de l'efficacité de la Méthode des moyennes pour atténuer les erreurs et approcher de la perfection, M. Gambey, après avoir fileté par les procédés les plus perfectionnés un cylindre d'acier, l'installait sur deux poupées à collet, puis, faisant presser contre la partie filetée la cale de bois de son support de tour, tandis que la vis allait et venait entre les poupées à collet par suite de l'impression des filets dans le bois de la cale du support, il attaquait délicatement avec un outil pointu les différentes parties de la vis, changeant tour à tour un grand nombre de fois le point d'impression de la vis dans la cale du support et le point d'attaque des filets par l'outil; il arrivait ainsi à compenser les irrégularités les unes par les autres, et de moyenne en moyenne il s'approchait de la régularité d'écartement des filets entre eux; mais hélas! il ne l'obtenait pas complétement, et deux microscopes conjugués promenés sur les filets ne lui permettaient pas d'obtenir, entre leur sommet et les fils croisés des oculaires, cette absolue coïncidence qui lui eût seule donné la certitude de la régularité du pas de sa vis.

» L'impossibilité d'exécuter, malgré tant de soins, une longue vis parfaite lui fit préférer l'emploi d'un court manchon fileté agissant contre une longue règle dentée dans les conditions du bord circulaire de sa plate-forme. Mais ici encore l'application de la Méthode des moyennes rectificatives atténuait les irrégularités de la denture rectiligne de la règle, sans réaliser d'une façon absolue leur équidistance. M. Gambey souffrait beaucoup d'en être réduit à l'emploi de machines opérant un travail imparfait, et grande fut sa joie le jour où il reconnut qu'il pouvait attaquer de front la difficulté de la division de la ligne droite, comme il avait vaincu celle de la division circulaire par l'application de la Méthode des ordonnées rectificatives.

» La mort ne lui a point permis de léguer à ses successeurs le problème tout résolu, mais sa confiance nous met à même de leur en révéler la solution.

» Voici donc comment M. Gambey comptait s'y prendre. Observer les erreurs de chaque tour de la vis ou de chaque dent de la règle dentée, en dresser la Table absolument comme il avait fait pour sa plate-forme, était une opération préliminaire qui ne lui laissait aucun doute; mais, incertain encore dans le choix de son mécanisme, tantôt il se proposait de traduire

le long d'une règle égale à la course totale du chariot du mécanisme traceur les erreurs de la crémaillère, un levier articulé sur le chariot en relation d'un bout avec une coulisse transversale portant le tracelet, de l'autre pourvu d'un galet roulant sous la pression d'un ressort sur le bord de la règle rectificatrice, eût traduit toutes ses ondulations en déplacements compensateurs du tracelet, au fur et à mesure que la règle rectificatrice aurait été parcourue et la division tracée; d'autres fois, il semblait donner la préférence à un plateau circulaire construit et installé près de la manivelle de la vis comme pour le grand Cercle; son mouvement angulaire aurait été réglé de façon que son tour complet ne fût opéré que lorsque le chariot aurait parcouru sa course totale. Ces diverses solutions se présentaient à la fois à l'esprit fécond de M. Gambey; il suffit de les avoir indiquées pour que la possibilité de l'application de la Méthode des ordonnées rectificatives à la division de la ligne droite reste démontrée; après l'heureuse réalisation de cette Méthode dans la division du grand cercle, aucun doute ne peut subsister.

» Puissent ces explications, superflues pour l'incontestable gloire du grand artiste, maintenir à sa veuve et à sa fille les fruits de son génie! c'est le vœu le plus ardent de celui qui s'honore d'avoir été le confident de ses pensées mécaniques, et qui lui témoigne sa reconnaissance en traçant ces lignes. »

M. **Le Verrier** présente, au sujet du *Compte rendu* de la dernière séance, les remarques suivantes :

« Après qu'il eut donné communication de la Note sur les observations faites au cercle de Gambey par réflexion, M. Séguier prit acte de l'excellence des résultats obtenus au moyen de ce cercle pour demander l'ouverture d'un paquet cacheté déposé par lui en 1848 et contenant la description des procédés de division des cercles, employée par Gambey.

» M. Le Verrier répondit à son confrère en ajoutant quelques mots à l'éloge des instruments de Gambey; et, comme il avait eu connaissance que des Membres de l'Académie s'étaient émus d'un projet de transformation de la lunette méridienne de Gambey, il ajouta qu'il s'y était fortement opposé.

» Les phrases prononcées par M. Séguier n'ayant point été données par lui pour le *Compte rendu* (toute conversation entre les Membres de l'Académie ne figure pas nécessairement dans le Recueil), M. Le Verrier n'a rien

donné non plus de sa réponse. Ce nonobstant, M. Yvon Villarceau a imprimé (p. 161) une remarque qu'il avait produite à la suite de MM. Le Verrier et Séguier. Cette Remarque est ainsi inintelligible pour le lecteur, et de plus la dernière ligne, en contradiction avec ce qui précède, se trouve renfermer une erreur. »

« **M. Yvon Villarceau** maintient l'exactitude de sa citation. »

PHYSIQUE. — *Sur un nouveau prisme polarisant.* Note de **M. Jamin.**

« J'ai l'honneur de présenter à l'Académie un nouveau polariseur que M. Henri Soleil a construit sur mes indications. Il est formé d'une auge parallélipipédique en verre remplie de sulfure de carbone, et dans laquelle on place sous une inclinaison convenable une lame très-mince de spath. Tout rayon lumineux naturel tend à se décomposer dans le spath en deux autres, l'un ordinaire, l'autre extraordinaire; mais comme l'indice de ce dernier rayon est inférieur à celui du sulfure de carbone, il se réfléchit totalement, et le rayon ordinaire seul traverse l'auge, polarisé dans le plan d'incidence.

» Cet appareil remplace efficacement le prisme de Nicol dans tous ses usages; et comme il n'exige qu'une lame très-mince de spath, il est d'un prix relativement peu élevé et il permet d'obtenir un champ de vision très-étendu. »

CINÉMATIQUE. — *Problème des mouvements que peuvent prendre les divers points d'une masse liquide, ou solide ductile, contenue dans un vase à parois verticales, pendant son* écoulement *par un orifice horizontal inférieur* (première Partie); *par* **M. de Saint-Venant** (*).

« **1.** Pour pouvoir déduire, des expériences sur l'*écoulement* de matières solides ou liquides dont nous nous occupons, la loi des forces intérieures qui s'y trouvent en jeu, et pour arriver un jour à résoudre au moins approximativement le problème inverse et non moins difficile, on conçoit qu'il convient d'envisager d'abord la question d'une manière purement *cinématique*, en déterminant analytiquement, pour les points des masses s'écoulant

(*) L'Académie a décidé que cette suite à des communications de 1868, bien qu'excédant en étendue les limites réglementaires, serait insérée en entier au *Compte rendu*.

ainsi, quels sont les mouvements *possibles*, ou satisfaisant à la condition générale de conservation des volumes des éléments.

» Il faut, pour cette détermination, prendre quelques données, comme sont, par exemple, les composantes verticales des vitesses des points à la surface supérieure ainsi qu'à travers l'orifice d'écoulement.

» On reconnaît bientôt qu'en outre il est nécessaire de faire quelque hypothèse sur les relations que peuvent avoir entre elles les composantes des vitesses des divers points de la masse. Sans cela, le problème de leurs mouvements resterait indéterminé.

» M. Tresca, à qui l'on doit d'avoir fait une première tentative dans ce sens, a pris pour hypothèse, en généralisant quelques observations, que toute ligne matérielle horizontale reste horizontale et que toute ligne matérielle verticale reste verticale à l'intérieur de chacune des trois parties dans lesquelles il divise, par la pensée, l'espace occupé par la matière en écoulement (*). Mais on ne saurait se tenir à une pareille supposition, car il en résulte pour les trajectoires, etc., en passant d'une partie dans l'autre, des brisures angulaires ou des solutions de continuité qui ne peuvent pas exister.

» Aussi j'ai substitué une autre hypothèse (**), plus générale, et qui, sans exiger aucune séparation de parties, conserve pleinement la continuité des lignes matérielles et des trajectoires. C'est simplement l'hypothèse qui a été faite jusqu'à ces derniers temps par tous les grands géomètres ayant traité analytiquement les questions d'hydrodynamique, à savoir : qu'à tout instant les composantes de vitesses

$$u, \quad v, \quad w,$$

dans les sens de coordonnées rectangles x, y, z, sont les dérivées

(1) $$u = \frac{d\varphi}{dx}, \quad v = \frac{d\varphi}{dy}, \quad w = \frac{d\varphi}{dz}$$

d'une même fonction φ par rapport à ces coordonnées; ou, comme on l'exprime ordinairement, que

(2) $$u\,dx + v\,dy + w\,dz = \text{une différentielle exacte } d\varphi;$$

(*) *Voir* le Rapport du 29 juin 1868 (*Comptes rendus*, t. LXVI, p. 1305) sur ses Notes des 25 mai et 22 juin (p. 1027 et 1244), et mes calculs du même 29 juin pour développer les diverses conséquences de son hypothèse.

(**) *Comptes rendus*, 20 et 27 juillet 1868, t. LXVII, p. 131, 203.

c'est-à-dire qu'on a, entre les composantes u, v, w, les relations

$$(3)\qquad \frac{dv}{dz}=\frac{dw}{dy},\quad \frac{dw}{dx}=\frac{du}{dz},\quad \frac{du}{dy}=\frac{dv}{dx}:$$

supposition qui transforme la condition générale de continuité ou de conservation du volume et de la densité des éléments liquides ou solides

$$(4)\qquad \frac{du}{dx}+\frac{dv}{dy}+\frac{dw}{dz}=0,$$

en une équation aux différences partielles du second ordre :

$$(5)\qquad \frac{d^2\varphi}{dx^2}+\frac{d^2\varphi}{dy^2}+\frac{d^2\varphi}{dz^2}=0,$$

intégrable rigoureusement pour diverses conditions aux limites de la masse.

» 2. Dans cette supposition, j'ai résolu en séries d'exponentielles et autres fonctions transcendantes (pages citées 131, 203) le problème cinématique des circonstances de l'écoulement, pour un vase parallélipipède rectangle, et, aussi, en prenant des coordonnées semi-polaires, pour un vase cylindrique. Je supposais distribuées suivant un mode donné, mais absolument quelconque, les vitesses verticales au passage de l'orifice, au lieu de les supposer toutes égales, comme M. Tresca avait dû le faire avec son hypothèse plus particulière, qui revient, si z est la coordonnée verticale, à poser à la fois

$$\left\{\begin{array}{ll}\dfrac{dw}{dx}=0,\quad \dfrac{dw}{dy}=0 & \text{pour la conservation de l'horizontalité,}\\ \dfrac{du}{dz}=0,\quad \dfrac{dv}{dz}=0 & \text{pour celle de la verticalité,}\end{array}\right.$$

dans chacun des trois espaces partiels, où les vitesses doivent prendre alors des expressions différentes, en changeant brusquement de l'un à l'autre espace.

» Mais, par une dernière Note (*), j'ai cru devoir proposer la mise en œuvre ou l'essai d'une hypothèse encore plus large et plus générale que celle (1), (2), (3). Elle permet de multiplier indéfiniment les solutions cinématiques qu'il s'agit de donner pour les rapprocher des résultats des expériences. Elle revient à égaler les vitesses u, v, w aux produits des dérivées partielles d'une fonction φ par des coefficients constants $\frac{1}{a^2}$, $\frac{1}{b^2}$, $\frac{1}{c^2}$ suscep-

(*) *Comptes rendus*, 4 août, t. LXVII, p. 278.

d'être choisis à volonté ; ou à supposer, au lieu de (1), (3),

(6) $$u = \frac{1}{a^2}\frac{d\varphi}{dx}, \quad v = \frac{1}{b^2}\frac{d\varphi}{dy}, \quad w = \frac{1}{c^2}\frac{d\varphi}{dz},$$

(7) $$b^2\frac{dv}{dz} = c^2\frac{dw}{dy}, \quad c^2\frac{dw}{dx} = a^2\frac{du}{dz}, \quad a^2\frac{du}{dy} = b^2\frac{dv}{dx};$$

ce qui donne, pour la transformée de la condition générale (4), au lieu de l'équation (5),

(8) $$\frac{1}{a^2}\frac{d^2\varphi}{dx^2} + \frac{1}{b^2}\frac{d^2\varphi}{dy^2} + \frac{1}{c^2}\frac{d^2\varphi}{dz^2} = 0,$$

tout aussi facile à intégrer que (5).

» Je fais cette proposition, parce que je pense que la condition (2) $u\,dx + v\,dy + w\,dz = d\varphi$ n'est généralement pas remplie.

» C'est ce qu'il s'agit de montrer en examinant ce à quoi elle revient cinématiquement, et sur quoi se fondent les démonstrations qui en ont été données.

» 3. D'après ce qu'a démontré Cauchy en 1841 (*), si l'on pose

(9) $$\xi = -\frac{1}{2}\left(\frac{dv}{dz} - \frac{dw}{dy}\right), \quad \eta = -\frac{1}{2}\left(\frac{dw}{dx} - \frac{du}{dz}\right), \quad \zeta = -\frac{1}{2}\left(\frac{du}{dy} - \frac{dv}{dx}\right);$$

les trois quantités ξ, η, ζ, nulles lorsque la condition en question est remplie exactement, ont une signification cinématique : elles mesurent, autour de parallèles aux x, aux y, aux z, *les vitesses de rotation moyenne instantanée* des diverses petites lignes matérielles se croisant comme celles-ci, et en tous sens, au point (x, y, z) de la masse.

» Ces sortes de rotations avaient été considérées, à un autre point de vue, dès 1833, pour un système quelconque de masses qui se meuvent, par Coriolis (**), qui appelait *mouvement moyen*, pour un instant donné, celui que prendrait tout le système à cet instant s'il était brusquement rendu invariable par l'introduction de forces réciproques, en conservant les sommes de projections de ses quantités de mouvement ainsi que celles de leurs moments ou aires autour d'axes quelconques.

» Et M. Stokes, qui, en 1847, faisait un grand usage de ces expressions (9)

(*) *Mémoire sur les dilatations et les rotations produites par un changement de forme dans un système de points matériels* (*Exercices d'Analyse et de Physique mathématique*, t. II, p. 221).

(**) *Mémoire sur le mouvement moyen de rotation*, lu à l'Académie le 25 novembre 1833, inséré en substance en 1835 à la page 101 du XXIVe Cahier du *Journal de l'École Polytechnique*.

dans des calculs relatifs aux fluides, démontrait qu'elles représentent effectivement les *vitesses angulaires* décomposées, qui seraient prises de y en z, z en x, x en y, par tous les points d'un élément fluide ayant une des formes *pour lesquelles les moments d'inertie autour d'axes passant par le centre de gravité sont tous égaux*, si cet élément était tout à coup solidifié, et en même temps *isolé*, c'est-à-dire soustrait à l'action du reste du fluide qui l'environne (*).

» Enfin, en 1858, M. Helmholtz, décomposant, comme M. Stokes, dont il ne connaissait pas encore les recherches, la modification qu'éprouve un élément, en *translation*, en *déformation* (ou dilatation dans divers sens, réductibles comme on sait à *trois* rectangulaires dits *principaux*) et en *rotations*, trouvait, d'une autre manière, que celles-ci sont exprimées par les formules (9) (**).

(*) *On the Theories of the internal Friction of Fluids in Motion*, lu le 14 août 1845 (*voir* les *Transactions* de Cambridge, 1847, t. III, part. III, n° 14, p. 309).

Qu'on me permette de rapporter sa démonstration vu qu'elle est d'une grande simplicité. Soient u', v', w', avant, et u_1, v_1, w_1 après la solidification, les excès des composantes de vitesse d'une molécule m située au point $(x+x', y+y', z+z')$ de l'élément considéré, sur celles u, v, w du centre de gravité (x, y, z) de cet élément. L'on a, pour les premiers excès, trois expressions

$$u' = \frac{du}{dx}x' + \frac{du}{dy}y' + \frac{du}{dz}z', \quad v' = \ldots, \quad w' = \ldots;$$

et l'on a pour les seconds, si ξ, η, ζ sont les trois composantes des vitesses angulaires prises, trois expressions

$$u_1 = \eta z' - \zeta y', \quad v_1 = \ldots, \quad w_1 = \ldots.$$

Or les vitesses u, v, w du centre n'ont pu être changées par l'introduction des forces réciproques rendant l'élément invariable. On peut donc substituer ces expressions de u', v', w' en même temps que celles de u_1, v_1, w_1 dans les trois équations telles que

$$\sum m[y'(w_1 - w') - z'(v_1 - v')] = 0,$$

exprimant la conservation des aires. Or, en ayant égard à ce que l'élément est supposé de l'une des formes pour lesquelles

$$\sum mx'^2 = \sum my'^2 = \sum mz'^2, \quad \sum my'z' = 0, \quad \sum mz'x' = 0, \quad \sum mx'y' = 0,$$

l'on trouve bien, ainsi, les trois égalités (9).

M. Stokes est revenu sur le même sujet en 1850 (même Recueil, t. IX, p. 1, § 10).

(**) *Sur les intégrales des équations qui expriment le mouvement tourbillonnaire dans l'hydrodynamique* (*Journal de Crelle*, t. LV), traduit récemment au *Philosophical Magazine*, t. XXXIII, n° 226, p. 485.

» Il est, au reste, facile de voir, en se servant des formules de changements de coordonnées (*), que si les quantités (9) ξ, η, ζ sont nulles pour les axes x, y, z, elles le sont pour tout autre système rectangulaire, et que généralement elles se composent, se décomposent et se transforment de la même manière que les rotations ou les vitesses angulaires dans les solides invariables.

» La question, comme on voit, de la possibilité de regarder (2) $udx + vdy + wdz$ comme différentielle exacte à trois variables, ou de prendre les relations (3) entre u, v, w, est la même que celle de savoir s'il n'y a, dans la masse qui s'écoule, aucune de ces rotations qui sont définies par (9).

» 4. Rappelons maintenant les démonstrations données de la proposition exprimée par (1), ou (2), ou (3) dans les cas ordinaires du mouvement des liquides.

» Lagrange, depuis longtemps, en a présenté une dont Poisson a contesté la rigueur.

» Cauchy, en 1816, a démontré d'une manière rigoureuse un théorème plus général, et trop peu remarqué, bien que *donnant une première intégrale générale* des trois équations différentielles ordinaires et connues de l'hydrodynamique. Ce théorème revient à ce que chacune des trois quantités ξ, η, ζ définies par (9) est, à un instant quelconque, égale à la somme des produits de ce qu'elles étaient initialement pour la même molécule, par les dérivées de sa coordonnée actuelle de même rang, prises par rapport à ses trois coordonnées initiales (**).

(*) *Leçons sur l'Élasticité*, de M. Lamé, § 18, p. 45 (1852).

(**) C'est-à-dire que si ξ_0, η_0, ζ_0, x_0, y_0, z_0 expriment les valeurs initiales de ce dont ξ, η, ζ, x, y, z représentent les valeurs au bout d'un temps quelconque, l'on a, pour un fluide incompressible :

$$(a)\qquad \left\{\begin{aligned} \xi &= \frac{dx}{dx_0}\xi_0 + \frac{dx}{dy_0}\eta_0 + \frac{dx}{dz_0}\zeta_0,\\ \eta &= \frac{dy}{dx_0}\xi_0 + \frac{dy}{dy_0}\eta_0 + \frac{dy}{dz_0}\zeta_0,\\ \zeta &= \frac{dz}{dx_0}\xi_0 + \frac{dz}{dy_0}\eta_0 + \frac{dz}{dz_0}\zeta_0; \end{aligned}\right.$$

et qu'on a les mêmes égalités pour un fluide compressible en divisant le second membre par le déterminant sextinôme :

$$(b)\qquad \frac{dx}{dx_0}\frac{dy}{dy_0}\frac{dz}{dz_0} - \frac{dx}{dx_0}\frac{dz}{dy_0}\frac{dy}{dz_0} + \ldots.$$

Cauchy le démontre en prenant d'abord x_0, y_0, z_0 et le temps t pour variables indé-

» D'où résulte qu'*un élément sans rotation moyenne initiale n'en acquerra pas*, ou que si le mouvement considéré part du repos ou bien d'un état dans lequel la condition (3) d'intégrabilité de $u\,dx + v\,dy + w\,dz$ se trouve remplie, elle le sera pour les mêmes éléments matériels, pendant toute la durée du mouvement.

---

pendantes; en sorte qu'on a, $\frac{d_c}{dt}$ exprimant généralement, par rapport à t, une différentielle *complète* ou se rapportant au même point occupé dans l'espace, et, p, ρ, X, Y, Z désignant la pression, la densité et les trois composantes de la force extérieure agissant sur l'unité de volume :

$$(c)\qquad \left\{\begin{aligned} \frac{1}{\rho}\frac{dp}{dx_0} &= \frac{1}{\rho}\left(\frac{dp}{dx}\frac{dx}{dx_0} + \frac{dp}{dy}\frac{dy}{dx_0} + \frac{dp}{dz}\frac{dz}{dx_0}\right) = \\ &= \left(\mathrm{X} - \frac{d_c u}{dt}\right)\frac{dx}{dx_0} + \left(\mathrm{Y} - \frac{d_c v}{dt}\right)\frac{dy}{dx_0} + \left(\mathrm{Z} - \frac{d_c w}{dt}\right)\frac{dz}{dx_0}. \end{aligned}\right.$$

D'où, si $\mathrm{X}dx + \mathrm{Y}dy + \mathrm{Z}dz$ est une différentielle exacte $= d\Phi$, et si l'on construit deux autres équations comme celle-ci :

$$(d)\qquad \frac{1}{\rho}\frac{dp}{dx_0} = \frac{d\Phi}{dx_0} - \frac{d_c u}{dt}\frac{dx}{dx_0} - \frac{d_c v}{dt}\frac{dy}{dx_0} - \frac{d_c w}{dt}\frac{dz}{dx_0}, \quad \frac{1}{\rho}\frac{dp}{dy_0} = \frac{d\Phi}{dy_0} - \ldots, \quad \frac{1}{\rho}\frac{dp}{dz_0} = \ldots,$$

retranchant la seconde, différentiée par z_0, de la troisième, différentiée par y_0, les $\frac{d^2x}{dy_0\,dz_0}, \ldots$ disparaissent, et l'on peut écrire ainsi ce qui reste :

$$(e)\qquad \frac{d_c}{dt}\left(\frac{du}{dz_0}\frac{dx}{dy_0} - \frac{du}{dy_0}\frac{dx}{dz_0} + \frac{dv}{dz_0}\frac{dy}{dy_0} - \frac{dv}{dy_0}\frac{dy}{dz_0} + \frac{dw}{dz_0}\frac{dz}{dy_0} - \frac{dw}{dy_0}\frac{dz}{dz_0}\right) = 0.$$

Le sextinôme entre parenthèses est, comme on voit, indépendant du temps, et sa valeur actuelle est égale à sa valeur initiale pour le même point matériel. Mais on a

$$(f)\qquad \frac{du}{dz_0} = \frac{du}{dx}\frac{dx}{dz_0} + \frac{du}{dy}\frac{dy}{dz_0} + \frac{du}{dz}\frac{dz}{dz_0}, \quad \frac{du}{dy_0} = \ldots, \quad \frac{du}{dz_0} = \ldots.$$

Substituant et écrivant -2ξ au lieu de $\frac{dv}{dz} - \frac{dw}{dy}$ et ainsi des autres, on obtient l'équation suivante, où ξ_0 représente la valeur initiale de ξ, et par conséquent de son premier membre :

$$(g)\qquad \xi\left(\frac{dy}{dy_0}\frac{dz}{dz_0} - \frac{dz}{dy_0}\frac{dy}{dz_0}\right) + \eta\left(\frac{dz}{dy_0}\frac{dx}{dz_0} - \frac{dx}{dy_0}\frac{dz}{dz_0}\right) + \zeta\left(\frac{dx}{dy_0}\frac{dy}{dz_0} - \frac{dy}{dy_0}\frac{dx}{dz_0}\right) = \xi_0.$$

De cette équation du premier degré à trois inconnues ξ, η, ζ, et de deux autres semblables ayant pour seconds membres η_0 et ζ_0, l'on tire, en les résolvant, et eu égard à ce que le déterminant sextinôme (b) est $= 1$ lorsque le fluide est incompressible ou qu'un élément rectangulaire devenant obliquangle conserve le même volume, précisement les formules (a) exprimant le remarquable théorème de Cauchy [*Mémoire sur la théorie des ondes*, concours de 1815-1816, au tome I des *Savants étrangers* (1827), formules (16) ou (17) de la 2ᵉ partie, p. 43].

» On arrive ordinairement à cette dernière conclusion d'une autre manière, en combinant simplement par différentiation et soustraction mutuelle les trois mêmes équations différentielles générales, de sorte que la pression intérieure ainsi que les forces extérieures s'éliminent; car il en résulte que, si les trois quantités (9) ξ, η, ζ sont nulles à un instant quelconque, leurs différentielles complètes par rapport au temps sont aussi nulles à cet instant initial ou autre, ce qui, de proche en proche, entraîne leur nullité pour le même élément fluide pendant toute la durée du mouvement.

» Il est même à remarquer que, si elles sont en même temps nulles aussi dans les éléments voisins de celui que l'on considère, cette démonstration subsiste quand on complète les équations en y introduisant les termes ajoutés par Navier, ainsi que par Poisson, Cauchy, M. Stokes, afin de tenir compte des frottements mutuels des couches de matière qui glissent les unes devant les autres (*).

» 5. Ces démonstrations de la conservation des relations une fois exis-

---

(*) En effet, ces trois équations complètes sont de cette forme, avec les notations de la note précédente, et k^2 étant le coefficient des frottements intérieurs, supposé constant, et qui doit être fait très-grand dans les solides ductiles :

$$(h) \quad \begin{cases} \dfrac{1}{\rho}\dfrac{dp}{dx} - X + \dfrac{d_c u}{dt} - k^2\left(\dfrac{d^2u}{dx^2} + \dfrac{d^2u}{dy^2} + \dfrac{d^2u}{dz^2}\right) = 0, \\ \dfrac{1}{\rho}\dfrac{dp}{dy} - Y + \ldots = 0, \quad \dfrac{1}{\rho}\dfrac{dp}{dz} - Z + \ldots = 0, \end{cases}$$

où l'on peut remarquer que le terme affecté de k^2 revient à

$$-k^2\left[\frac{d}{dx}\left(\frac{du}{dx} + \frac{dv}{dy} + \frac{dw}{dz}\right) + \frac{d}{dy}\left(\frac{du}{dy} - \frac{dv}{dx}\right) - \frac{d}{dz}\left(\frac{dw}{dx} - \frac{du}{dz}\right)\right].$$

Si l'on retranche de la seconde, différentiée par rapport à z, la troisième différentiée par rapport à y, la pression moyenne p disparaît, ainsi que les forces Y et Z, en vertu de ce qu'on suppose, comme tout à l'heure, $X dx + Y dy + Z dz$ différentielle exacte; et, en ajoutant

$$0 = \frac{dv}{dx}\frac{dw}{dx} - \frac{dw}{dx}\frac{dv}{dx},$$

l'on trouve

$$(i) \quad \frac{d_c \xi}{dt} = -\left(\frac{dv}{dy} + \frac{dw}{dz}\right)\xi + \frac{dv}{dx}\eta + \frac{dw}{dx}\zeta - k^2\left(\frac{d^2\xi}{dx^2} + \frac{d^2\xi}{dy^2} + \frac{d^2\xi}{dz^2}\right).$$

Comme on aurait deux expressions analogues à (i) pour $\dfrac{d_c \eta}{dt}$, $\dfrac{d_c \zeta}{dt}$, l'on voit (même quand la densité ρ est variable, pourvu qu'alors la pression p en soit une fonction) que la nullité des rotations ξ, η, ζ partout à un instant quelconque entraîne celle de leurs accrois-

tantes (3) entre les vitesses, ou de l'intégrabilité de $u\,dx + v\,dy + w\,dz$, supposent toutes que les forces agissant sur les éléments fluides *ont un potentiel*, ou que leurs trois composantes X, Y, Z suivant x, y, z remplissent la condition

$$(10)\qquad \left\{ \begin{array}{c} X\,dx + Y\,dy + Z\,dz \\ \text{ou} \sum (X\,dx + Y\,dy + Z\,dz) \end{array} \right\} = \text{une différentielle exacte } d\Phi.$$

» Ce *potentiel* Φ de Gauss (*), que Green appelait en 1828 *fonction potentielle* (**), et déjà D. Bernoulli *force potentielle* (***), semblerait devoir exister toujours, car il ne diffère pas de cette *force vive implicite* d'Ampère (****) et même de Lagrange (*****), de cette *faculté d'agir* de Jean Bernoulli (******), possédée par toute force qui a une intensité et un champ d'action, et dont la considération est très-employée, surtout depuis un tiers de siècle. On démontre même facilement, comme on sait, que le premier membre de (10) se réduit constamment à des différentielles exactes de la forme $-f(r).dr$ ou $-\sum f(r).dr$ pour les forces fonction f des dis-

---

sements de cet instant au suivant. D'où l'on déduit (en invoquant, pour plus de rigueur, un lemme d'analyse qu'établit M. Stokes), qu'elles resteront constamment nulles.

On peut, au reste, dans l'égalité (i) remplacer le second et le troisième terme du second membre par

$$(j)\qquad \frac{du}{dy}\eta + \frac{du}{dz}\zeta,$$

et, lorsque le fluide est incompressible, on peut remplacer le premier par $\frac{du}{dx}\xi$.

(*) Il a, comme on sait, proposé définitivement cette simple dénomination, aujourd'hui généralement adoptée, à la page 4 du Mémoire : *Résultats des Observations de l'Union magnétique pour l'année* 1839.

(**) *An Essai of the application of Analysis to the Electricity*, Nottingham, 1828; réimprimé en 1850, 1852, 1854, au *Journal de Crelle* (Préface et Observations introductrices).

(***) En prenant pour exemple celle $k\int \frac{ds}{r^2}$ qui se trouve en réserve dans une lame élastique fléchie dont s représente la longueur d'arc, et r le rayon de courbure supposé variable d'un point à l'autre (art. 1 de l'*Additamentum de curvis elasticis* d'Euler), force ou intégrale dont il conseillait à Euler de chercher la condition de maximum pour avoir celle de l'équilibre de la lame.

(****) *Annales de Chimie et de Physique*, avril 1835.

(*****) Dernier article de la *Théorie des Fonctions analytiques*.

(******) *De verâ notione virium vivarum* (*OEuvres*, t. III, p. 239).

tances r, soit à des centres extérieurs fixes ou emportés, comme la Terre, dans un mouvement commun avec le système considéré, soit à des centres mobiles compris dans le système de points qu'embrasse le signe $\sum$.

» Or, toutes les forces qui s'exercent sur une masse fluide ou ductile comme celle dont nous considérons l'écoulement semblent être dans ce cas, sans en excepter celles qui émanent de *parois mobiles*, telles que la face d'un piston; car cette force se trouve être, à l'égard des molécules sur lesquelles elle agit à des distances imperceptibles et qui suivent son mouvement de progression, dans le même cas que le centre mobile de la Terre à l'égard des diverses molécules soumises à l'action constante de la pesanteur.

» 6. Mais, à y regarder de plus près, on reconnaît que les forces constituant les *frottements* des parois ne sont point dans ce cas, qu'elles n'ont pas de potentiel ou que leurs composantes X, Y, Z ne satisfont pas à la triple condition

(11) $$\frac{dY}{dz} = \frac{dZ}{dy}, \quad \frac{dZ}{dx} = \frac{dX}{dz}, \quad \frac{dX}{dy} = \frac{dY}{dx},$$

nécessaire pour les démonstrations ci-dessus (n° 4) de la conservation des relations (3) ou $\xi = 0$, $\eta = 0$, $\zeta = 0$ entre les vitesses pendant tout le temps de l'écoulement.

» En effet, ces résistances au glissement tangentiel de la masse fluide ou plastique font nécessairement incliner, sur les faces solides frottantes ou résistantes, les files de molécules de la même masse qui leur étaient primitivement normales, et, ainsi, elles rendent obliquangles les éléments solides ou fluides primitivement orthogonaux à ces faces ou parois. Or on a, en général,

(12) $$\left(\frac{dv}{dz} + \frac{dw}{dy}\right) dt, \quad \left(\frac{dw}{dx} + \frac{du}{dz}\right) dt, \quad \left(\frac{du}{dy} + \frac{dv}{dx}\right) dt,$$

pour les petits rétrécissements que font éprouver les vitesses u, v, w, pendant un instant dt, aux angles plans primitivement droits ymz, zmx, xmy de trois côtés mx, my, mz adjacents, et parallèles aux x, y, z, des faces d'un élément cubique, ou pour les *glissements* relatifs, l'un devant l'autre, des côtés parallèles et opposés de ces trois faces, rapportés à l'unité des distances mutuelles de ces mêmes côtés. Or, le premier, par exemple, de ces trois rétrécissements ou glissements s'opère sans *rotation moyenne* si les petites lignes my, mz tournent *autant l'une que l'autre*, et dans deux sens opposés, autour du sommet commun m, en sorte que la diagonale de la

petite face carrée, dont elle forme deux côtés adjacents, reste immobile, ou, autrement dit, si l'on a

$$\frac{dv}{dz} = \frac{dw}{dy}.$$

» Mais il en est autrement si l'une de ces deux petites lignes reste fixe, tandis que l'autre tourne, c'est-à-dire si $\frac{dv}{dz}$ est nul et non pas $\frac{dw}{dy}$, ou réciproquement; car alors il y a de y en z, autour de mx, une rotation moyenne (*)

$$\frac{1}{2}\frac{dw}{dy}dt \quad \text{ou} \quad -\frac{1}{2}\frac{dv}{dz}dt.$$

» Or c'est ce qui arrive le long de toute face solide *frottante* ou résistant plus ou moins à un mouvement tangentiel de la matière contiguë.

» Le frottement des parois s'oppose donc à la nullité des rotations moyennes (9) ξ, η, ζ, ou à ce que (2) $u\,dx + v\,dy + w\,dz$ reste différentielle exacte. Cette force (le frottement) n'a pas de potentiel.

» 7. Et il n'y a là aucune contradiction avec ce qu'on démontre, comme on a dit, dans tous les Traités de Mécanique, à savoir que toutes les forces attractives ou répulsives émanant de centres d'action *fixes* et fonctions des distances à ces centres ont toujours un potentiel ou satisfont aux conditions (10), que ces centres soient éloignés ou qu'ils soient proches.

» Les molécules des parois frottantes ne peuvent pas, en effet, être regardées comme immobiles.

» Si elles l'étaient, il n'y aurait aucune résistance au glissement le long de leur surface dès que ce glissement aurait fait parcourir à la matière un espace imperceptible, tout au plus double du rayon d'activité sensible des répulsions et attractions exercées par les molécules de la paroi sur ses molécules propres. En effet, chacune de celles-ci, pendant la période de son éloignement d'une molécule de la paroi, éprouverait, suivant le sens du glissement, une suite d'actions justement égales et contraires à celles qu'elle aurait éprouvées pendant la période de son rapprochement; en sorte qu'au

(*) On peut s'étonner de voir qualifier de *rotation* un mouvement comme celui-ci, où, dans un élément contigu à la paroi, toutes les lignes parallèles à la paroi lui restent parallèles. Mais, parmi les lignes menées à travers cet élément, les parallèles dont nous parlons *sont les seules* à ne pas tourner. Toutes les autres, c'est-à-dire toutes celles qui sont ou perpendiculaires ou obliques à la paroi, éprouvent des rotations dans le sens rigoureux et admis de ce mot, en supposant même qu'elles ne fassent qu'une minime fraction du tour entier, et qu'elles ne doivent jamais l'achever.

total, et même à chaque instant, eu égard au grand nombre et à la diversité des distances des molécules deux à deux, la somme des actions, estimées dans ce sens, serait nulle.

» S'il en est autrement en réalité, si la somme en question a une grandeur finie qui constitue le frottement, cela tient à ce que les molécules de la paroi cèdent aux réactions accompagnant les actions qu'elles exercent. Elles prennent transversalement des mouvements vibratoires qui se transmettent au dehors, et dont il résulte que les angles formés par les directions des actions avec la direction du glissement sont généralement plus grands pendant la période de l'éloignement mutuel de deux molécules qui se repoussent que pendant la période de leur rapprochement. Et le contraire arrive pour celles qui s'attirent. La somme des composantes qui sont contraires au glissement excède donc la somme des composantes qui lui sont favorables, d'où une résistance résultante qui constitue le frottement (*). Et cette résistance étant due, comme on voit, à l'action de *centres mobiles* non compris dans le système considéré, *elle n'a pas de potentiel* ou ne satisfait pas à la condition (10) d'intégrabilité de la somme $X\,dx + Y\,dy + Z\,dz$ ou $\sum (X\,dx + Y\,dy + Z\,dz)$, propriété qui n'appartient qu'aux forces extérieures émanant de centres fixes, ou aux forces intérieures s'exerçant, deux à deux, entre points faisant partie du système.

» Il se produira, en conséquence, dans la matière qui s'écoule, et supposé même qu'il n'y en ait point eu initialement, de ces *rotations moyennes d'éléments*, définies par les expressions (9), qui empêchent le trinôme (2) $u\,dx + v\,dy + w\,dz$ de rester différentielle exacte, et le mouvement d'être régi rigoureusement par l'équation (5) $\frac{d^2\varphi}{dx^2} + \frac{d^2\varphi}{dy^2} + \frac{d^2\varphi}{dz^2} = 0$.

» 8. Qu'y a-t-il donc de mieux à faire cinématiquement, dans l'état actuel de l'analyse, pour déterminer des mouvements qui, en satisfaisant à l'équation (4) $\frac{du}{dx} + \frac{dv}{dy} + \frac{dw}{dz} = 0$ de conservation des volumes, soient aussi rapprochés que possible de ceux qui peuvent être pris par les points des masses en écoulement, afin, comme on a dit, d'être conduit par une suite

(*) J'ai présenté ces considérations sur le frottement, dès 1834, dans un Mémoire (14 avril) sur *la dynamique des fluides*. J'ajoutais (ainsi qu'à un Mémoire sur *la résistance des fluides*, 1847, *Comptes rendus*, 15 février, t. XXIV, p. 244) qu'il peut être regardé comme une consommation, par unité d'espace parcouru, de force vive de translation convertie en force vive de vibration et de rotation.

de comparaisons aux résultats d'expériences, à découvrir les lois dynamiques qui les régissent ou les forces qui les produisent?

» Comme il est probablement plus facile, au moyen de l'examen des blocs ductiles primitivement formés de plaques superposées, de mesurer les petites rotations ξ, η, ζ éprouvées par leurs éléments, que les vitesses u, v, w qu'ont eues leurs points, il ne serait peut-être pas impossible d'arriver à des expressions au moins fort approchées de ces vitesses, en appliquant l'analyse par laquelle M. Helmholtz déduit u, v, w de ξ, η, ζ supposés n'être pas nuls partout, et avoir pu être exprimés en des fonctions des coordonnées x, y, z; fonctions qui doivent satisfaire à la condition

$$(13) \qquad \frac{d\xi}{dx} + \frac{d\eta}{dy} + \frac{d\zeta}{dz} = 0.$$

» Le géomètre-physicien de Heidelberg (dont je considère au seul point de vue cinématique l'œuvre citée ci-dessus) résout en effet par rapport à u, v, w les quatre équations (9) et (4) :

$$(14) \qquad \frac{dv}{dz} - \frac{dw}{dy} = -2\xi, \quad \frac{dw}{dx} - \frac{du}{dz} = -2\eta, \quad \frac{du}{dy} - \frac{dv}{dx} = -2\zeta,$$

$$(15) \qquad \frac{du}{dx} + \frac{dv}{dy} + \frac{dw}{dz} = 0,$$

en prenant

$$(16) \qquad u = \frac{d\varphi}{dx} + \frac{dN}{dy} - \frac{dM}{dz}, \quad v = \frac{d\varphi}{dy} + \frac{dL}{dz} - \frac{dN}{dx}, \quad w = \frac{d\varphi}{dz} + \frac{dM}{dx} - \frac{dL}{dy};$$

L, M, N étant trois fonctions de x, y, z astreintes à vérifier la condition

$$(17) \qquad \frac{dL}{dx} + \frac{dM}{dy} + \frac{dN}{dz} = 0,$$

et à être des intégrales *particulières*, du reste arbitraires, des trois équations différentielles qu'on a en L seul, en M seul, en N seul lorsqu'on substitue (16) dans (14) eu égard à cette condition; enfin, φ étant l'intégrale de

$$(18) \qquad \frac{d^2\varphi}{dx^2} + \frac{d^2\varphi}{dy^2} + \frac{d^2\varphi}{dz^2} = 0,$$

prise de manière que si on la substitue dans les expressions (16) en même temps que les trois valeurs en x, y, z adoptées pour L, M, N, ces expressions (16) satisfassent aux conditions que doivent remplir les vitesses u, v, w aux limites de la masse ou portion de masse considérée (*).

(*) Il donne, comme expressions remplissant les conditions énoncées pour L, M, N, celles

» Il faudra, à cet effet, prendre pour φ, non pas une expression finie comme celle que semble indiquer M. Helmholtz, c'est-à-dire de la forme du

---

qui sont comprises dans la formule triple

$$(k) \qquad (\mathrm{L}, \mathrm{M}, \mathrm{N}) = \frac{1}{2\pi}\int\!\!\int\!\!\int \frac{(\xi_a, \eta_a, \zeta_a)}{\sqrt{(x-a)^2+(y-b)^2+(z-c)^2}}\, da\, db\, dc,$$

où $\pi = 3,14159\ldots$, et où ξ_a, η_a, ζ_a expriment, en a, b, c, les valeurs de ξ, η, ζ pour tous les points (a, b, c) de la masse ou de la partie de la masse mobile dans laquelle il y a des mouvements gyratoires, *si leurs axes de rotation, aux limites de cette masse, sont tangents à la surface qui la termine.* Cette condition se trouve remplie dans nos écoulements de matière si, à ce que contient le vase à une époque quelconque, on ajoute une portion du *jet* hors de l'orifice, telle que les rotations à son extrémité puissent être supposées nulles; en sorte qu'il n'est pas nécessaire d'augmenter la masse donnée d'une masse fictive, comme l'indique M. Helmholtz pour les cas où la masse réelle ne remplit pas à ses limites propres la condition énoncée.

En effet, les trois équations différentielles en L, M, N respectivement, qui résultent de la substitution de (16) dans (14) eu égard à (15), sont comprises dans

$$(l) \qquad \frac{d^2(\mathrm{L}, \mathrm{M}, \mathrm{N})}{dx^2} + \frac{d^2(\mathrm{L}, \mathrm{M}, \mathrm{N})}{dy^2} + \frac{d^2(\mathrm{L}, \mathrm{M}, \mathrm{N})}{dz^2} = -z(\xi, \eta, \zeta).$$

Elles sont bien satisfaites par les expressions (k), d'après la propriété connue et facilement démontrable du potentiel des attractions inverses des carrés des distances, exercées par tous les points (a, b, c) d'un espace sur un point unique (x, y, z) *dans le cas où celui-ci se trouve à l'intérieur* de la masse attirante; car on sait qu'alors le $\frac{d^2}{dx^2} + \frac{d^2}{dy^2} + \frac{d^2}{dz^2}$ de ce potentiel, exprimé par une intégrale triple comme celle de (k), est égal, non pas à zéro, comme quand le point (x, y, z) est extérieur, mais à $-4\pi\rho$, ρ étant la densité autour de ce point.

Et, quant à (15) $\frac{d\mathrm{L}}{dx} + \frac{d\mathrm{M}}{dy} + \frac{d\mathrm{N}}{dz}$, si on le compose avec les expressions (k) différentiées, en intégrant ensuite par parties les trois termes par rapport à a, b, c, après avoir représenté le radical par r et avoir écrit $-\frac{d\left(\frac{1}{r}\right)}{d(a, b, c)}$ au lieu de $\frac{d\left(\frac{1}{r}\right)}{d(x, y, z)}$, qui y équivaut, on obtient, $d\omega$ représentant les éléments superficiels de la surface de la masse fluide considérée, et α, 6, γ les angles de leurs normales avec les x, y, z :

$$\frac{1}{2\pi}\int (\xi_a \cos\alpha + \eta_a \cos 6 + \zeta_a \cos\gamma)\frac{d\omega}{r} - \frac{1}{2\pi}\int\!\!\int\!\!\int \left(\frac{d\xi_a}{da} + \frac{d\eta_a}{db} + \frac{d\zeta_a}{dc}\right)\frac{da\, db\, dc}{r}.$$

La parenthèse du second terme est identiquement nulle d'après (10), et celle du premier terme est nulle aussi, puisque l'axe de la rotation, dont les angles avec les axes coordonnés ont des cosinus proportionnels à ξ_a, η_a, ζ_a, est supposé, aux limites, être perpendiculaire aux normales des éléments superficiels de la surface-enveloppe. En sorte que $\frac{d\mathrm{L}}{dx} + \frac{d\mathrm{M}}{dy} + \frac{d\mathrm{N}}{dz}$ est bien égal à zéro, et les expressions (k) remplissent les conditions énoncées.

potentiel de l'attraction d'une masse sur un point *extérieur*, ou de la forme (k) de la note, avec une fonction arbitraire de a, b, c au numérateur; mais, plutôt, une expression en série infinie

$$\varphi = \sum A e^{mx} e^{ny} e^{pz}, \tag{18}$$

m, n, p, tant réels qu'imaginaires, étant liés par $m^2 + n^2 + p^2 = 1$; car cette forme permettra mieux de faire remplir aux trois trinômes (16) les conditions définies relatives aux limites.

» 9. Mais cette application de l'analyse citée sera compliquée et très-difficile, même en adoptant pour ξ, η, ζ des fonctions très-simples de x, y, z. Je pense qu'il convient de commencer les recherches de cinématique sur les masses ductiles qui s'écoulent, par quelque chose de plus facile, bien qu'exigeant déjà des calculs de séries transcendantes, savoir : en prenant pour hypothèse, comme il a été dit au n° 2, expressions (6),

$$u = \frac{1}{a^2}\frac{d\varphi}{dx}, \quad v = \frac{1}{b^2}\frac{d\varphi}{dy}, \quad w = \frac{1}{c^2}\frac{d\varphi}{dz}, \tag{19}$$

où a, b, c sont des nombres constants (l'un des trois peut être toujours fait égal à l'unité) dont les rapports mutuels $\frac{b}{a}$, $\frac{c}{a}$ seront d'abord indéterminés, et dont les comparaisons à l'expérience apprendront ensuite à faire le choix dans chaque cas.

» Observons que de cette supposition il résulte, en substituant dans (9)

$$\xi = \frac{b^2 - c^2}{2b^2c^2}\frac{d^2\varphi}{dy\,dz}, \quad \eta = \frac{c^2 - a^2}{2c^2a^2}\frac{d^2\varphi}{dz\,dx}, \quad \zeta = \frac{a^2 - b^2}{2a^2b^2}\frac{d^2\varphi}{dx\,dy}. \tag{20}$$

Et, si l'on fait

$$g_{yz} = \frac{dv}{dz} + \frac{dw}{dy}, \quad g_{zx} = \frac{dw}{dx} + \frac{du}{dz}, \quad g_{xy} = \frac{du}{dy} + \frac{dv}{dx}, \tag{21}$$

c'est-à-dire si, pour le point (x, y, z), on appelle g_{yz} *la vitesse de glissement relatif instantané*, l'une devant l'autre, de petites lignes matérielles très-proches, parallèles aux y et situées dans un plan parallèle aux yz, ou, ce qui est la même chose, de lignes parallèles aux z situées dans ce même plan, pour l'unité de leur distance mutuelle, et g_{zx}, g_{xy} les vitesses analogues de glissement pour les autres directions indiquées, il résulte de la même supposition (19) qu'on a

$$\frac{\xi}{g_{yz}} = \frac{1}{2}\frac{b^2 - c^2}{b^2 + c^2}, \quad \frac{\eta}{g_{zx}} = \frac{1}{2}\frac{c^2 - a^2}{c^2 + a^2}, \quad \frac{\zeta}{g_{xy}} = \frac{1}{2}\frac{a^2 - b^2}{a^2 + b^2}; \tag{22}$$

c'est-à-dire que chaque composante de vitesse moyenne de rotation est dans un rapport constant avec la vitesse de glissement correspondante, ou dépendant du mouvement de lignes situées dans les mêmes trois plans.

» Or c'est là une supposition très-plausible, au moins comme approximation, car : 1° dans l'axe du vase, où les glissements sont nuls, les rotations sont nulles aussi; 2° il doit en être de même sous la face du piston qui chasse la matière; 3° pour des points situés sur une même horizontale, c'est auprès des parois verticales que les glissements sont à leur maximum : or c'est là que les rotations sont à leur maximum aussi; 4° pour des points situés sur une même verticale, les deux *maxima* ont également lieu au même endroit, savoir : au fond.

» Voici les solutions que nous donnons en conséquence du problème de cinématique des mouvements de tous les points de masses ductiles s'écoulant hors de vases, soit rectangulaires, soit cylindriques.

» **10.** *Premier problème.* — Vase rectangulaire de largeur $2R$ dans le sens de la coordonnée horizontale x, et de hauteur H dans le sens de la coordonnée verticale z, qui est comptée de haut en bas à partir de la surface supérieure primitive de la matière; orifice horizontal rectangle de largeur $2R_1$ ayant la même médiane que le fond, et aussi la même longueur dont on fera abstraction; h hauteur de la matière au bout du temps t; V la vitesse de descente du piston ou vitesse verticale des molécules de la face supérieure du bloc; $f(x)$ composante verticale de la vitesse à travers l'orifice.

» En faisant (numéro précédent) $a^2 = 1$, $c^2 = \eta^2$, ou en prenant pour hypothèse (η n'ayant plus la signification ci-dessus)

$$(23) \qquad u = \frac{d\varphi}{dx}, \quad w = \frac{1}{\eta^2}\frac{d\varphi}{dz},$$

les équations du problème, qui sont

$$\frac{du}{dx} + \frac{dw}{dz} = 0, \quad \text{ou} \quad \frac{d^2\varphi}{dx^2} + \frac{1}{\eta^2}\cdot\frac{d^2\varphi}{dz^2} = 0,$$

$$\left(\frac{d\varphi}{dx}\right)_{x=0} = 0, \quad \left(\frac{d\varphi}{dx}\right)_{x=R} = 0, \quad \frac{1}{\eta^2}\left(\frac{d\varphi}{dz}\right)_{z=H-h} = V,$$

$$\frac{1}{\eta^2}\left(\frac{d\varphi}{dz}\right)_{z=H} = \begin{cases} f(x) & \text{de } x = 0 \text{ à } x = R_1, \\ 0 & \text{de } x = R_1 \text{ à } x = R; \end{cases}$$

$f(x)$ étant nécessairement tel que

$$(24) \qquad VR = \int_0^{R_1} f(x)\,dx,$$

ont pour solution

$$(25)\quad \begin{cases} \dfrac{1}{\eta^2}\varphi = V(y - H + h) \\ \quad + \dfrac{2}{\pi\eta}\displaystyle\sum_{i=1}^{i=\infty}\frac{1}{i}\left(\int_0^{R_1} fx' \cos\frac{i\pi x'}{R}\,dx'\right)\frac{e^{i\pi\eta\frac{z-H+h}{R}} + e^{-i\pi\eta\frac{z-H+h}{R}}}{e^{\frac{i\pi\eta h}{R}} - e^{-\frac{i\pi\eta h}{R}}}\cos\frac{i\pi x}{R}, \end{cases}$$

d'où les vitesses

$$(26)\quad \begin{cases} u = -\dfrac{2}{R}\displaystyle\sum_1^{\infty}\left(\int_0^{R_1} fx' \cos\frac{i\pi x'}{R}\,dx'\right)\frac{e^{i\pi\eta\frac{z-H+h}{R}} + e^{-}}{\frac{1}{\eta}\left(e^{\frac{i\pi\eta h}{R}} - e^{-}\right)}\sin\frac{i\pi x}{R}, \\ w = V + \dfrac{2}{R}\displaystyle\sum_1^{\infty}\left(\int_0^{R_1} fx' \cos\frac{i\pi x'}{R}\,dx'\right)\frac{e^{i\pi\eta\frac{z-H+h}{R}} - e^{-}}{e^{\frac{i\pi\eta h}{R}} - e^{-}}\cos\frac{i\pi x}{R}. \end{cases}$$

ASTRONOMIE. — *Remarques sur la relation entre les protubérances et les taches solaires.* Lettre du **P. Secchi** à M. le Secrétaire perpétuel.

« Rome, ce 27 janvier 1869.

» Je viens de recevoir les *Comptes rendus* du 18 janvier, où se trouve une communication très-intéressante de M. Janssen, sur la relation entre les protubérances et les taches. De mon côté, j'étais déjà arrivé à la même conclusion. Les 4, 5 et 6 janvier, j'avais remarqué que, près des taches, la raie noire C disparaissait, ce qui prouve que la lumière de l'hydrogène était alors assez forte pour compenser l'absorption du reste de l'atmosphère solaire. Dans l'intérieur des taches, on ne voit pas de raie brillante. C'est surtout dans la région des facules environnant la tache que la raie C s'affaiblit ou disparaît complétement. Il paraît qu'on ne pourra jamais voir directement les raies brillantes sur le Soleil lui-même; mais la disparition de la raie C suffit pour constater la présence d'une protubérance.

» Après avoir trouvé que la raie lumineuse du jaune ne coïncide pas avec D, j'ai voulu chercher si elle ne paraîtrait pas dans l'étoile Cassiopée, qui nous présente le spectre de l'hydrogène. Je crois avoir vu réellement dans cette région une raie brillante. Je trouve même cette raie lumineuse du jaune notée dans les observations de l'année dernière, époque à laquelle je ne songeais pas à cette raie. Sans doute, il est très-difficile de la mesurer

exactement, car elle est très-voisine de la raie D'', et il y a confusion, car on ne peut pas, pour cette étoile, employer une forte dispersion.

» Enfin, je crois même avoir vu des traces de vapeur d'eau dans le Soleil, et surtout dans le voisinage des taches. On voit là les mêmes séries de raies nébuleuses que lorsque les cirrus vont traverser le champ de la lunette. Mais cela demanderait à être appuyé par de nouvelles observations. Ces recherches ont été interrompues par les observations que nous avons faites pour la détermination de la longitude entre Rome et Naples, et je me propose de les poursuivre.

» On doit, sans aucun doute, à M. Janssen d'avoir fait faire un grand pas à la connaissance du Soleil, et tout ce que nous trouverons sur ce sujet sera dû à son admirable initiative.

« *P. S.* Les savants de Paris ayant à leur disposition tant de moyens de recherches, ne pourraient-ils pas essayer la lumière spectrale de l'hydrogène brûlant ou incandescent, sous une très-forte pression? M. H. Sainte-Claire Deville, qui a trouvé de si belles choses sur la combustion des gaz comprimés, ne pourrait-il pas aider les astronomes? Je vous prie de lui adresser cette prière. »

M. H. **Sainte-Claire Deville**, après avoir entendu la lecture de cette Lettre, ajoute :

« Je réponds à la très-bienveillante interpellation du R. P. Secchi que dans deux mois je posséderai, grâce au Ministre de la Marine, tous les éléments nécessaires à la solution de bien des questions, et en particulier à la détermination de la température des couches gazeuses du Soleil. Cette solution serait bien plus grande et plus complète si j'étais assez heureux pour obtenir du savant Astronome romain qu'il vînt lui-même faire les expériences dans mes nouveaux appareils à pression. »

GÉOLOGIE. — M. **de Tchihatchef** adresse de Rome à l'Académie les deux derniers volumes de sa *Géologie de l'Asie Mineure*, accompagnés de la Note suivante :

« Je viens demander à l'Académie la permission de lui offrir les deux derniers volumes de la *Géologie de l'Asie Mineure* dont elle a bien voulu accepter l'année passée le premier volume, contenant la description des roches éruptives et des terrains de transition. Le travail que j'ai l'honneur de soumettre aujourd'hui à son indulgente appréciation est consacré à

l'étude des terrains secondaires, tertiaires et post-tertiaires. Limités aux seuls dépôts jurassiques et crétacés, et d'ailleurs très-pauvres en restes organiques, les terrains secondaires n'occupent dans le tableau géologique de l'Asie Mineure qu'une place comparativement restreinte; par contre, les terrains tertiaires y jouent un rôle tellement important, sous le double rapport de leur développement et de leurs richesses paléontologiques, que la majeure partie de mon travail est consacrée à l'étude de ces terrains, surtout des terrains tertiaires inférieur et moyen : tous deux sont remarquables, non-seulement à cause des particularités qui leur sont propres, mais encore eu égard aux conclusions intéressantes qu'ils suggèrent sur beaucoup de questions relatives à la formation du bassin de la mer Noire, des soulèvements et immersions plusieurs fois répétés que cette partie du continent asiatique a dû subir, etc.

» La description de chacun des terrains qui font l'objet de mon travail est terminée par un résumé des traits les plus saillants qui les caractérisent, de même que par un coup d'œil sur les points de similitude ou de dissemblance que présentent ces terrains comparés à ceux des contrées limitrophes, telles que la Turquie d'Europe, la Grèce, le midi de la Russie européenne, la Perse, la Syrie, le Caucase, etc.

» Un résumé, embrassant la totalité des phénomènes développés dans les trois volumes de la *Géologie de l'Asie Mineure*, sert de clôture à l'ensemble de cet ouvrage.

» Il serait presque superflu d'ajouter qu'en entreprenant, à moi seul, l'exploration géologique d'une vaste contrée inconnue, je n'ai pu prétendre qu'au rôle de pionier préparant le terrain pour ceux qui, munis de toutes les ressources dont j'ai été privé, entreront un jour dans la voie que j'ai ouverte pour faire définitivement connaître la plus belle et la plus intéressante contrée de l'Orient; toutefois, qu'il me soit permis de rappeler que mes études géologiques ne constituent qu'une partie d'une longue série de travaux embrassant presque toutes les branches des sciences naturelles, et dont les résultats, fruit de vingt années de labeur, ont été consignés dans huit volumes que j'ai eu l'honneur de présenter successivement à l'Académie. »

« M. le Secrétaire perpétuel, après avoir lu la Lettre de M. Pierre de Tchihatchef, rappelle l'exploration de l'Altaï faite antérieurement par ce savant voyageur en 1842. Les observations de tous genres, recueillies dans ce groupe montagneux, auparavant si peu connu, après avoir été l'objet

d'un Rapport à l'Académie (1), ont été réunies par M. de Tchihatchef, dans un ouvrage écrit en français et publié à Paris en 1845.

» C'est à partir de cette époque que l'auteur, qui avait déjà parcouru l'Asie Mineure dans une mission diplomatique, s'est consacré à l'étude de cette vaste et intéressante contrée, qui, depuis Xénophon, a occupé un si grand nombre de savants. Sur les traces de Tournefort, il y a réuni les éléments d'un important ouvrage de botanique, qu'il a présenté à l'Académie dans ces dernières années.

» Les deux volumes présentés aujourd'hui, comprenant les terrains secondaires et tertiaires, précédés d'un premier volume consacré aux roches éruptives et aux dépôts paléozoïques, et d'un volume détaché spécialement relatif au Bosphore et à Constantinople, complètent la partie géologique du travail du savant Correspondant de l'Académie, qui comprend, outre le texte, une grande carte topographique publiée à Paris et une carte géologique publiée en Allemagne, chez M. Julius Perthes. Cette dernière a été reproduite dans les cartes géologiques de l'Europe, par sir Roderick Murchison et par M. André Dumont. Elle a déjà fait entrer l'Asie Mineure dans le cadre des contrées géologiquement connues, et le grand ouvrage que l'auteur vient d'achever ne pourra que lui confirmer ce privilége tout nouveau pour un pays asiatique soumis aux lois du Koran. »

NOMINATIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la nomination de l'un de ses Membres qui devra faire partie de la Commission mixte, chargée de juger les ouvrages adressés pour le concours du prix triennal fondé par *M. Louis Fould* sur l'Histoire des Beaux-Arts avant le siècle de Périclès.

M. Cloquet réunit la majorité des suffrages.

MÉMOIRES LUS.

TOXICOLOGIE. — *Mémoire sur l'empoisonnement par la coralline; par* **M. A. Tardieu.** (Extrait par l'auteur.)

« Je prie l'Académie de me permettre de l'entretenir de quelques faits récents, non encore étudiés, et qui méritent d'être signalés à l'attention publique.

---

(1) *Comptes rendus*, t. XX, p. 1389 (séance du 12 mai 1845).

» Je veux parler des accidents que peut déterminer l'emploi, dans la teinture, d'une matière colorante nouvelle, la *coralline*, qui, ainsi que je m'en suis assuré expérimentalement, constitue un violent poison.

» Au mois de mai de l'année dernière (1868), bien avant que rien de pareil fût venu à ma connaissance, je fus consulté par un jeune homme de vingt-trois ans, admirablement constitué et exempt de tout vice herpétique, qui était atteint aux deux pieds d'une éruption vésiculeuse, très-aiguë et très-douloureuse, qui, au premier abord, aurait pu être prise pour un eczéma. Mais cette éruption offrait ceci de particulier, quelle était exactement bornée à la partie du pied que recouvre la chaussure, et qu'elle dessinait sur la peau la forme parfaitement régulière du soulier-escarpin que portait le jeune homme, comprenant ainsi la face et le bord plantaires et ne dépassant pas, sur le dos du pied, la racine des orteils.

» Le siége et la forme si particulière de l'éruption m'avaient sur-le-champ donné à penser que la cause en était toute locale; et je n'hésitai pas à en rechercher l'origine dans la chaussure que portait le jeune homme. Il venait précisément de faire usage depuis quelques jours de chaussettes de soie rouge, d'une nuance très-élégante, que la mode s'apprêtait à répandre.

» Nous avons donc repris les chaussettes qui avaient déterminé les accidents observés par moi dans le cas dont j'ai parlé. Après nous être assuré qu'elles ne cédaient aucune matière soluble à l'eau froide ou bouillante, à l'eau faiblement acidulée, ni à l'eau alcaline, nous les avons traitées par l'alcool à 85 degrés bouillant, dans lequel s'est dissoute rapidement la matière colorante rouge. Cette solution alcoolique, évaporée à sicité, nous a donné un extrait dont les propriétés vénéneuses nous ont été révélées par les expériences suivantes. La matière colorante desséchée, redissoute dans une petite quantité d'alcool, a été injectée, à l'aide de la seringue de Pravaz, sous la peau de la cuisse d'un chien, d'un lapin et d'une grenouille. Les trois animaux sont morts.

» Il ne pouvait rester de doute sur les propriétés vénéneuses de la matière rouge dont le tissu de soie était teint. Mais nos recherches fussent restées incomplètes, si nous ne les avions répétées et confirmées avec la coralline elle-même (1).

---

(1) On sait que la coralline ou péonine, découverte par M. Persoz fils en 1860, dérive de l'acide rosolique, lequel lui-même est un dérivé par oxydation de l'acide phénique. Elle se forme dans un appareil autoclave, chauffé à + 150 degrés, par le contact de l'acide rosolique

» Il m'a paru curieux de pousser plus loin les investigations, de révivifier en quelque sorte la coralline, tout comme on a coutume de le faire dans la recherche médico-légale des poisons, c'est-à-dire de l'extraire, avec ses caractères distinctifs, des organes où elle avait pu être portée par absorption; et, par un procédé très-ingénieux, dû à M. Roussin, nous avons pu teindre en rouge un écheveau de soie, avec la matière colorante retirée des poumons et du foie des animaux empoisonnés. La coralline, qui avait donné lieu à l'empoisonnement, a été décelée par sa propriété caractéristique de matière tinctoriale, tout comme le sont l'atropine ou la digitaline par le pouvoir qu'elles possèdent de dilater la pupile ou d'arrêter les battements du cœur. C'est là, on en conviendra, une nouvelle application, aussi heureuse qu'inattendue, de la méthode physiologique et expérimentale que je me suis efforcé de généraliser et de poursuivre dans la recherche des poisons organiques.

» Ces expériences et les résultats si précis qu'elles ont fournis sont, si je ne m'abuse, de nature à donner l'explication la plus complète et la plus claire des faits à l'occasion desquels j'avais cru devoir les entreprendre.

» La coralline, en effet, est, à n'en pas douter, un poison d'une grande énergie. Introduite dans l'économie vivante, même à petite dose, elle peut causer la mort.

» Elle agit à la façon des poisons irritants, notamment des substances dites *drastiques*, de l'huile de *croton tiglium* par exemple, dont elle reproduit à la fois l'action locale sous la forme d'une éruption vésiculeuse très-aiguë, et les effets généraux tels que l'inflammation du tube digestif. Absorbée et portée dans la profondeur des organes, elle y provoque d'une part la stéatose, cette dégénérescence graisseuse que produisent diverses espèces de poison, le phosphore, l'ammoniaque, l'arsenic; et d'une autre part, elle s'y concentre, et peut en être extraite en conservant sa couleur spéciale et ses propriétés tinctoriales.

» Les accidents qu'a déterminés la coralline chez l'homme se sont bornés jusqu'ici à une affection locale fort douloureuse et à quelques troubles de la santé générale, heureusement sans gravité. Mais il n'est nullement prouvé, à en juger par les effets rapidement mortels qu'elle a produits sur

---

et de l'ammoniaque. On obtient de la sorte une matière solide, en paillettes d'un rouge pivoine à reflets vert ou jaune sombre, à peu près insoluble dans l'eau, soluble dans l'alcool et les corps gras, et qui présente tous les caractères d'un acide amidé. Jusqu'à ce jour, cette substance n'a été que fort peu exploitée en France; les chaussettes incriminées sont de fabrication et de teinture anglaises.

les animaux, qu'elle ne puisse, dans certaines circonstances, exposer l'homme lui-même à de plus sérieux dangers.

» La science possédait déjà plus d'un exemple d'accidents produits par des matières colorantes. Le vert de Schweinfurt appliqué à la coloration de certains vêtements ou de papiers de tentures, le blanc de plomb étendu sur des dentelles, d'autres substances encore avaient fait de trop nombreuses victimes. Mais, jusqu'ici, ces matières colorantes vénéneuses étaient toutes d'origine minérale, aucune matière colorante organique n'avait été signalée comme poison avant la coralline.

» Les recherches que je viens d'avoir l'honneur de soumettre à l'Académie permettraient à la fois d'en surveiller l'emploi, d'en reconnaître les effets et même d'en déceler la présence.

» La coralline appartient à une classe de corps dont le progrès incessant des arts chimiques accroît chaque jour le nombre. C'est là une preuve nouvelle de l'intérêt considérable qu'il y a pour la science de l'hygiène, et pour la médecine légale elle-même, à suivre la marche et les progrès de l'industrie, et à étudier l'influence que ses plus récentes conquêtes peuvent exercer sur la santé des hommes. »

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

PHYSIQUE. — *Réponse à une Lettre de* M. F. Carré, *insérée au* Compte rendu *du* 18 *janvier, du sujet d'une machine électrique ; par* **M. Demoget.** (Extrait.)

(Commissaires précédemment nommés : MM. Balard, Edm. Becquerel, Jamin.)

« La première partie de la Note que j'ai adressée à l'Académie, le 11 janvier, et à laquelle M. Carré s'est proposé de répondre, avait pour but de revendiquer la priorité pour l'appareil diélectrique, et pour un autre appareil fondé sur le même principe, mais à double plateau. A l'appui de cette partie de ma Note, j'avais joint des extraits du Mémoire déposé à l'Académie de Metz, le 29 octobre dernier, *certifiés par le Président, pour copie conforme.* Ces extraits contiennent la description des deux appareils, et sont accompagnés de figures à l'échelle de 10 centimètres pour mètre, qui ne laissent aucun doute sur la *parfaite identité* qui existe entre l'appareil présenté par M. Carré et le mien.

» La deuxième partie faisait connaître les conditions dans lesquelles je place la machine de Holtz pour obtenir en tous temps des effets constants,

et cela même (malgré les affirmations de M. Carré) lorsque l'atmosphère est complétement saturée de vapeur d'eau et à la température de 15 à 20 degrés, et même 30. J'ajouterai que l'on peut placer l'appareil diélectrique dans les mêmes conditions.

» Or, ces deux parties de ma Note n'avaient rien de commun entre elles, et le *Compte rendu* du 11 janvier, bien que très-laconique, ne permet pas de les confondre.

» D'après ce qui précède, on voit que la priorité scientifique m'est bien acquise, depuis le 29 octobre dernier, tandis que la date la plus ancienne que peut désigner M. Carré ne remonte qu'au 10 novembre, époque à laquelle il a pris un brevet pour s'assurer la propriété commerciale de son appareil, propriété que je ne lui envie nullement.

» Enfin, j'affirme de nouveau que ces appareils fonctionnent dans mon cabinet depuis dix-huit mois, et qu'ils m'ont servi à faire toutes les recherches consignées dans le long Mémoire dont j'ai adressé des extraits, et qui forme un traité complet des phénomènes d'influence statique, dans lequel ils sont décrits et dessinés. »

M. **Legrand** adresse de Montpellier une Note sur l'erreur que comportent l'observation du passage de Mercure sur le Soleil et beaucoup d'autres observations astronomiques.

Suivant l'auteur, les différences des temps notés par divers observateurs dans le même lieu, au dernier passage de Mercure, pouvaient être prévues par cette simple remarque que, lorsqu'un objet sous-tend un angle égal ou inférieur à une minute, il ne peut former qu'un simple point pour les vues les plus communes; il serait, dès lors, impossible de compter, pour l'évaluation des temps dans l'observation de phénomènes de ce genre, sur une limite d'erreur moindre que l'étendue angulaire de ce qu'on peut appeler le *point physique*.

(Commissaires : MM. Mathieu, Laugier, Faye.)

M. **Poulet** envoie une rectification à un passage de ses « Études statistiques sur la phthisie », adressées pour le concours du prix de Statistique.

(Renvoi à la Commission.)

M. H. **Meyer** adresse de Charleston une suite à ses « Recherches sur les problèmes indéterminés ».

(Renvoi à la Commission précédemment nommée.)

M. **Moreau** adresse un Mémoire intitulé : « De la Chimie dans ses rapports avec la Physique générale ».

(Renvoi à la Section de Chimie.)

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre de l'Instruction publique** invite l'Académie à lui présenter une liste de deux candidats pour la chaire de Zoologie (Annélides, Mollusques, Zoophytes), vacante au Muséum d'Histoire naturelle de Paris, par suite de la nomination de *M. Lacaze-Duthiers* à une chaire de la Faculté des Sciences.

Cette Lettre sera transmise à la Section de Zoologie.

M. **Janssen** adresse une dépêche télégraphique datée de Simla (Himalaya), et qui est ainsi conçue :

« Paris-Simla 139 20 27 4 17 S Via W B. — Hydrogen's lines visible in all circumference of Sun; protuberances only elevated portions of this atmosphere. — Janssen. » Ce que l'on peut traduire comme il suit : « Les lignes de l'hydrogène sont visibles sur toute la circonférence du Soleil; les protubérances ne sont que des parties élevées de cette atmosphère hydrogénée. »

L'Académie reçoit, en outre, communication de deux Lettres de M. Janssen, datées, l'une du 21 décembre et adressée à M. Élie de Beaumont, l'autre du 2 janvier et adressée à M. le Ministre de l'Instruction publique. Ces deux Lettres reproduisent les détails qui sont contenus dans celle qui a été insérée au *Compte rendu* du 25 janvier.

M. le Ministre informe l'Académie qu'il lui paraît urgent d'autoriser M. Janssen à continuer sa mission : il vient de lui écrire par le télégraphe qu'il peut poursuivre ses recherches, et que les fonds nécessaires seront mis à sa disposition.

COSMOGRAPHIE. — *Sur l'atmosphère solaire.* Lettre de M. F. **Angelot** à M. Élie de Beaumont.

« Depuis la dernière grande éclipse de Soleil, les observations faites pendant sa durée paraissent avoir conduit divers astronomes à admettre que la lumière de l'atmosphère solaire est due à une grande combustion de

gaz hydrogène. Cette idée n'est pas nouvelle. Il y a près de trente ans que je l'ai émise pour la première fois.

» Dans la séance de la Société Géologique de France du 11 janvier 1841 (1re série, t. XII, p. 97 et suiv., du *Bulletin* de cette Société), partant de l'identité de composition de tous les corps du système solaire, démontrée par celle des aérolithes; de l'importance des masses d'eau à la surface du Soleil, que celles qui couvrent les trois quarts de notre globe nous autorisent à admettre par analogie, je cherchais à établir par divers moyens d'induction que la décomposition et la recomposition alternatives de ces masses d'eau permettaient d'expliquer tous les phénomènes apparents que nous présente l'atmosphère solaire.

» La surface liquide ou solide du globe solaire, douée d'une énorme température, décompose l'eau qui forme la plus grande partie de son atmosphère; l'hydrogène et l'oxygène, ainsi désunis et suréchauffés, remontent à la partie supérieure de cette atmosphère, où un certain abaissement de la température leur permet de se combiner de nouveau pour redescendre et se décomposer encore, et ce jeu de va-et-vient, de composition et de décomposition alternatives de l'eau, fournit indéfiniment les mêmes éléments à cette immense combustion, qui ne doit avoir de terme qu'un refroidissement suffisant de la surface du globe solaire.

» Le développement de cette hypothèse se trouve dans le Recueil que je viens de citer. »

M. **Élie de Beaumont**, à l'occasion de la communication de *M. Firmin Angelot,* soumet à l'Académie les réflexions suivantes :

« Le P. Secchi, à la suite de ses importantes observations spectroscopiques, a divisé les étoiles en trois classes, se rapportant à trois types différents, où il indique encore des variétés, savoir : 1° *le type des étoiles blanches ou bleues*, telles que α de la Lyre, α du Grand Chien (Sirius), etc.; 2° *le type des étoiles à larges zones,* telles que α d'Orion, α d'Hercule, qui ont pour la plupart une *lumière rouge* et dont plusieurs paraissent entourées d'atmosphères épaisses et très-absorbantes, type qui renferme, dit le P. Secchi, les astres les plus curieux du ciel; et 3° enfin *le type des étoiles jaunes à raies fines ou à bandes très-faibles,* telles que α du Bouvier, dont la lumière ne diffère en rien de la *lumière solaire* et qui paraît comprendre à peu près la moitié des étoiles du firmament (1).

---

(1) *Comptes rendus*, t. LXIII, p. 626 (séance du 13 octobre 1866), et t. LXIV, p. 346, 738 et 774 (séances des 25 février, 8 et 15 avril 1867).

» Le Soleil, qui, d'après la nature de sa lumière, se rapporte au troisième type, présente les raies de l'hydrogène, gaz qui, en brûlant, donnerait de l'eau dont l'illustre astronome du Collége romain croit, en effet, apercevoir la vapeur dans le Soleil (*voir* ci-dessus, p. 238); mais ce seraient sans doute les étoiles du troisième type surtout qui devraient principalement leur lumière, de même que le Soleil, à la combustion de l'hydrogène, et, dans le même ordre de suppositions, il semblerait que les étoiles des deux autres types devraient tirer la leur, au moins en partie, de la combustion de corps autres que l'hydrogène. Je trouve, au surplus, ces propres paroles dans une des communications spectroscopiques, si pleines d'intérêt, que le P. Secchi a faites à l'Académie : « Je me permettrai ici de » rappeler une observation curieuse que je viens de faire sur le spectre » d'une flamme terrestre, qui m'a vivement frappé à cause de sa ressem- » blance avec le spectre de certaines étoiles jaunes et rouges. Cette flamme » est celle qui sort de la cornue dans laquelle on fait l'acier Bessemer. Ce » spectre, bien connu des directeurs de forges, lorsque le fer est complé- » tement décarburé, présente une série de raies très-fines et très-nom- » breuses, disposées par groupes et colonnades qui rappellent celui de » α Orion et α Hercule; seulement il paraît renversé. Il est sans doute dû » à un grand nombre de métaux qui brûlent dans la flamme, et présente » plusieurs lignes bien connues et bien déterminées; je ne cite ce fait que » d'une manière générale, n'ayant pas eu le temps de l'étudier. Cette » flamme est la seule qui jusqu'ici m'ait présenté un spectre comparable » à celui des étoiles colorées; nous savons d'ailleurs que cela n'a rien d'im- » probable, surtout en connaissant la composition des aérolithes où le fer » prédomine. Mais il m'a paru important de pouvoir signaler, dans nos » flammes terrestres, une si belle source d'études spectrales se rapprochant » des spectres si extraordinaires de certaines étoiles. Je dois cette obser- » vation à l'obligeance de M. Lemonnier, directeur des travaux des forges » de Terre-Noire, près Saint-Étienne (1). »

» Je me suis demandé, de mon côté, si ces larges et curieux aperçus, qui ouvrent un champ si nouveau aux spéculations cosmologiques, ne pourraient pas être mis en rapport avec l'histoire probable de la Terre.

» Suivant Descartes, la Terre serait un soleil éteint. Cela supposerait que la Terre a autrefois éclairé l'espace, par la combustion des différents métaux qui entrent dans la composition de son enveloppe oxydée et par celle

(1) *Comptes rendus*, t. LXV, p. 562 (séance du 30 septembre 1867).

de l'hydrogène, qui fait aujourd'hui partie de l'eau de la mer. Dans les différentes phases de cette longue conflagration, la Terre a dû émettre une lumière de nature variable, susceptible de donner différents systèmes de raies. Peut-être pourrait-on conjecturer que les étoiles dont les lumières diffèrent les unes des autres sont des globes où la combustion est arrivée à des phases diverses, comparables à celles que le globe terrestre a traversées successivement.

» D'après notre savant confrère, M. Henri Sainte-Claire Deville (1), la *dissociation* des éléments de l'eau s'effectue vers le point de fusion de l'argent, c'est-à-dire vers 960 ou 1000 degrés centigrades environ; elle est encore plus complète de 1100 à 1300 degrés : la température de la *dissociation* de la silice est nécessairement beaucoup plus élevée. Le silicium, l'aluminium, le calcium, etc., pourraient avoir brûlé et leurs oxydes s'être combinés, de façon à produire les éléments des roches qui constituent l'écorce terrestre, au milieu d'une atmosphère composée de gaz oxygène et de gaz hydrogène, à une température trop élevée pour se combiner entre eux; gaz qui cependant étaient destinés à se combiner plus tard de la manière indiquée par M. Angelot; et je n'hésite pas à déclarer que cet ingénieux physicien, en expliquant, *il y a vingt-huit ans,* comment une même molécule, soit d'oxygène, soit d'hydrogène, a pu *brûler* et *rebrûler* (si j'ose m'exprimer ainsi) à un très-grand nombre de reprises successives, embrassant un temps excessivement long, me paraît avoir dévoilé l'un des mécanismes les plus remarquables qu'on puisse signaler dans l'ordonnance générale de l'univers.

» Pour rentrer complétement, en finissant, dans la sphère de la géologie, je dirai que, si les idées que je viens de rapprocher paraissaient présenter un enchaînement assez naturel, il en résulterait une probabilité de plus en faveur de l'hypothèse qui regarde les matières oxydées existantes à la surface du globe terrestre comme le résultat d'une combustion.

» Je montre chaque année, dans mes leçons, que cette supposition n'est pas inconciliable avec l'état thermométrique du globe terrestre déterminé par l'observation et contrôlé par le calcul. »

M. Faye fait à ce sujet les remarques suivantes :

« Tout en accordant un vif intérêt aux idées qui viennent d'être déve-

---

(1) *Comptes rendus*, t. XLV, p. 859 (séance du 23 novembre 1857), et t. LVI, p. 196 et 197 (séance du 2 février 1863).

loppées, on ne doit pourtant pas oublier un point capital, acquis depuis longtemps à la science : la lumière du Soleil ne provient pas de l'inflammation d'une masse gazeuse telle que l'enveloppe hydrogénée dont parlent les communications précédentes, mais de particules à l'état solide ou liquide, suspendues sans doute, comme nos nuages, dans les couches gazeuses de la photosphère. Outre le témoignage des phénomènes de polarisation signalés par M. Arago, l'analyse prismatique, entre les mains de M. Kirchhoff, a montré que le spectre solaire n'est pas composé de raies brillantes plus ou moins nombreuses, comme celui des gaz en combustion, mais qu'il est continu (sauf les raies d'absorption) comme celui des solides incandescents. C'est là ce que la combustion de grandes masses d'hydrogène ne saurait produire; dans les astres où de tels phénomènes ont paru se produire, on a toujours distingué deux spectres superposés, dont le principal, appartenant à une véritable photosphère, est parfaitement distinct du spectre du gaz enflammé. M. Faye pense que les spéculations antégéologiques n'ont aucun intérêt à heurter des faits si bien établis. »

« **M. Ch. Sainte-Claire Deville** fait observer que la remarque présentée par M. Faye n'infirmerait pas la pensée que l'hydrogène de l'atmosphère solaire provînt de la décomposition de l'eau au contact de matières oxydables, sous l'influence d'une haute température. Tout indique, pour l'histoire de la Terre, que, tandis qu'à l'époque actuelle les oxydations naturelles se font généralement par l'intervention de l'oxygène atmosphérique, et souvent au moyen de réactions qui reconstituent l'eau, les oxydations se faisaient au début par la décomposition de l'eau, d'où résultait un dégagement d'hydrogène. Ce gaz ainsi formé peut constituer les portions de l'atmosphère solaire, qui, sans brûler d'ailleurs, servent seulement d'enveloppe continue aux nuages incandescents qui y sont suspendus.

» Au reste, ajoute M. Ch. Sainte-Claire-Deville, cette atmosphère hydrogénée du Soleil peut s'expliquer d'une manière plus simple encore. On sait que, dans ses belles recherches sur les phénomènes volcaniques de l'Islande, notre illustre Correspondant étranger, M. Bunsen, a découvert l'hydrogène dans les émanations des célèbres solfatares de cette île. Depuis lors, nous avons, M. Félix Le Blanc et moi, montré que l'hydrogène et l'hydrogène protocarboné accompagnent les émanations des *lagoni* boracifères de la Toscane, et j'ai prouvé que ces gaz combustibles se dégageaient, au Vésuve, de la lave incandescente en voie de refroidissement. M. Fouqué a généralisé le fait en le constatant de nouveau dans les récentes éruptions sous-marines

de Santorin et des Açores, et il a ajouté cette remarque intéressante, que le dégagement d'hydrogène précède celui de l'hydrogène carboné. De ces faits, et d'une foule d'autres que je ne puis rappeler ici, j'ai tiré, pour l'histoire éruptive de la Terre, des conséquences qui s'appliquent sans doute, avec une certaine probabilité, aux autres astres de notre système planétaire, et pour lesquelles je renvoie à une courte Note insérée aux *Comptes rendus* (t. LVIII, p. 329-333).

» Je ne crois pas nécessaire de justifier ici la timide intervention des géologues en astronomie physique; mais je suis convaincu qu'à mesure que les recherches des physiciens et des chimistes tendront à assimiler davantage les conditions naturelles des divers éléments du système solaire, les astronomes se préoccuperont plus aussi des conclusions auxquelles la Géologie est arrivée relativement aux origines de notre globe. »

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Note relative à l'Atlas des mouvements généraux de l'atmosphère* (suite), *comprenant les quatre-vingt-dix cartes des trois premiers mois de l'année* 1865, *rédigé à l'Observatoire impérial de Paris; par* **M. Baille**. (Présenté par M. Le Verrier.)

« Chacune des cartes de l'Atlas porte un résumé de l'état de la journée, au moyen duquel on peut se rendre compte du travail. La discussion générale de l'ensemble des documents, exigeant des recherches fort étendues, est réservée pour un des prochains fascicules. Toutefois, ce qui a paru de la publication met en évidence quelques faits qu'il est utile de constater aujourd'hui.

» Certaines bourrasques arrivent toutes formées de l'Amérique du Nord; on les voit déboucher sur l'océan Atlantique, au nord de Terre-Neuve, dans les parages du Groënland, et se diriger vers l'Orient; d'autres, au contraire, naissent sur l'Océan, et dans les limites des cartes que nous construisons; toutes celles que nous avons vues ainsi apparaître se sont produites dans le triangle compris entre les Açores, les Bermudes et Terre-Neuve. On aperçoit d'abord une dépression mal caractérisée, et dont la position change de jour en jour; mais, peu à peu, autour de ce point, les vents prennent des directions déterminées; la mer s'agite, le ciel se couvre de nuages, l'action de la dépression s'étend de plus en plus, et, au bout de quelques jours, les bourrasques complétement formées commencent à se mouvoir d'une manière régulière. Parfois elles remontent vers le Canada, pour se perdre dans les déserts de l'Amérique du Nord, ou pour être reje-

tées ensuite sur l'océan Atlantique et les mers Arctiques; d'autres fois, elles se dirigent immédiatement sur l'Europe, et ce sont les plus terribles pour nous.

» Leur intensité, d'abord assez faible, et très-variable d'une bourrasque à l'autre, augmente peu à peu à mesure qu'elles s'avancent vers l'Est; leur vitesse s'accroît également, et leur influence s'étend de plus en plus. Ainsi la bourrasque du 27 janvier, dont le centre était près du Havre, exerçait une action encore très-sensible : d'un côté, aux Açores et à Madère; de l'autre, sur la mer Noire et le centre de la Russie. Dans cette vaste région, l'influence de la tourmente est, en chaque point, déterminée avec une grande précision, ainsi qu'on peut en juger d'après les cartes de l'Atlas.

» Au bout de quelques jours, la bourrasque diminue en intensité; sa vitesse de translation semble augmenter, tandis que le cercle d'action se restreint de plus en plus. Bientôt enfin elle disparaît, affaiblie et épuisée, et la dépression inoffensive qui reste encore est plus ou moins rapidement comblée par les courants d'air qui y affluent de toutes parts.

» La vitesse moyenne des bourrasques est de 10 degrés en longitude : ainsi celle du 27 janvier mit six jours pour aller de 30 degrés longitude Ouest à 20 degrés longitude Est (golfe de Finlande), après avoir suivi la vallée de la Manche.

» Généralement les bourrasques suivent une route située plus au nord de celle qui vient d'être indiquée : elles passent le plus souvent entre l'Écosse et l'Islande, ainsi que cela est journellement constaté sur les cartes construites à l'Observatoire. Cependant cette trajectoire n'a rien de fixe, car, selon les saisons et les circonstances atmosphériques des jours précédents, la bourrasque peut descendre jusque sur le golfe de Gascogne et les Pyrénées; mais ces routes, peu inclinées sur les parallèles terrestres, ont toutes à peu près la même direction.

» Il arrive enfin quelquefois, quoique assez rarement, que les bourrasques parcourent une trajectoire normale aux parallèles terrestres, et longent à peu près les méridiens. On voit le centre de la dépression fondre, pour ainsi dire, du haut de l'Écosse sur les Pays-Bas, suivre la vallée du Rhin et pénétrer en Italie. Là, affaiblie par les obstacles et arrêtée par le massif des Alpes, la bourrasque se détourne assez brusquement et se dirige vers l'Orient à travers les provinces danubiennes. Pendant tout ce trajet, la France, située dans le demi-cercle dangereux du cyclone, éprouve une série de gros temps par les vents de Sud-Ouest, puis de Nord-Ouest.

» Outre ces bourrasques, qui influent sur l'état atmosphérique de la

France et de l'Europe occidentale, l'étude de l'Atlas de 1865 a permis d'en apercevoir d'autres, dont l'action s'étend sur différents pays. Ainsi, quelques-unes pénètrent en Afrique et donnent des vents de Nord-Ouest sur la Méditerranée; d'autres passent dans les hautes latitudes, trop loin de nous pour nous procurer de mauvais temps bien caractérisés; d'autres enfin se forment sur la Méditerranée même, mais alors elles sont toujours très-faibles et se perdent bientôt dans les régions africaines. »

M. Le Verrier, après avoir donné connaissance à l'Académie de la Note qui précède, ajoute :

« En instituant à l'Observatoire impérial un système d'avertissements météorologiques, j'ai entendu que la base essentielle de ce travail devait être une étude approfondie des climats, de leur variation, des températures et des grands mouvements de l'atmosphère qui en sont la conséquence. Cette étude doit nécessairement être faite par ceux-là mêmes qui sont chargés à un jour et à une heure donnés de conclure de l'état présent de l'atmosphère les variations qu'elle doit immédiatement subir, et d'en déduire les avertissements à transmettre dans l'intérêt du commerce et de l'industrie.

» Cet ensemble de travaux dont on ne pourrait rien retrancher sans altérer et compromettre le système, sans empêcher les perfectionnements à venir, fonctionne aujourd'hui régulièrement. L'étude du climat de la France qui nous importe avant tout et à un si haut degré, et que par cette raison nous avons établie la première, l'étude des orages, celle des grands mouvements de l'atmosphère depuis les côtes de l'Amérique jusqu'aux frontières asiatiques, se développent chaque année. En même temps que nos physiciens font tourner au profit du service des avertissements les connaissances qu'ils acquièrent ainsi, les résultats de leurs travaux sont communiqués à nos Correspondants de tous les pays par nos Atlas météorologiques et maintiennent le faisceau international indispensable aux progrès de la science.

» Nos observations sur le climat de la France sont principalement faites, comme on le sait, dans les Écoles normales primaires où elles ont été établies par l'Observatoire impérial avec l'autorisation de M. le Ministre de l'Instruction publique. Les années 1865 et 1866 ont été discutées par M. Rayet; les résultats de l'année 1867 n'ont pu être donnés avec l'Atlas météorologique de cette même année, à cause du voyage fait par M. Rayet à Malacca pour l'observation de l'éclipse totale du Soleil. La lacune sera

promptement comblée : les résultats des années 1867 et 1868 seront donnés ensemble dans l'Atlas qui paraîtra à la fin de juillet.

» Les orages des années 1865, 1866 et 1867 ont été étudiés par M. Fron, sur d'excellentes discussions partielles faites par les Commissions météorologiques départementales instituées à la demande de l'Observatoire et par ses soins. Les Cartes des grêles, établies pour quatre départements par M. Becquerel, et, ultérieurement, pour vingt autres départements par M. Baille, sont également publiées.

» Dans une séance antérieure, j'ai présenté à l'Académie les deux cent quatorze premières Cartes de l'Atlas des mouvements généraux de l'atmosphère. J'ai l'honneur de lui offrir aujourd'hui quatre-vingt-dix nouvelles Cartes embrassant le premier trimestre de l'année 1865. Ces Cartes sont, comme les précédentes, fondées sur les documents qui nous ont été libéralement fournis par la Marine impériale et par la Marine marchande de France, par l'Angleterre grâce aux soins de M. Robert Scott, par les Pays-Bas par l'entremise de M. Buys-Ballot. »

GÉOMÉTRIE. — *Sur la représentation sphérique des surfaces.* Note de **M. F. Darboux**, présentée par M. Bertrand.

« On connaît les belles recherches faites par plusieurs géomètres et surtout par MM. Bonnet et Serret sur la théorie des surfaces à lignes de courbure planes et sphériques. Le problème de la recherche des surfaces à lignes de courbure planes et sphériques est un cas particulier d'un autre problème qu'on peut énoncer ainsi :

» *Trouver toutes les surfaces qui ont une représentation sphérique donnée.*

» On sait que la représentation sphérique d'une surface est donnée par les deux systèmes de lignes orthogonales que tracent sur une sphère des parallèles aux normales de la surface en tous les points de chaque ligne de courbure. Lorsque les lignes de courbure d'un système sont planes, le système correspondant de lignes sphériques est formé d'une série de cercles, et l'image sphérique de la surface se compose de cette série de cercles et de leurs trajectoires orthogonales. On voit donc que la détermination des surfaces à lignes de courbure planes dans un système revient au problème suivant :

» *Trouver les surfaces dont l'image sphérique se compose d'un système de cercles et de leurs trajectoires orthogonales.* Par conséquent, ce problème est compris comme cas particulier dans celui qui a été énoncé au commencement de cette Note.

» La recherche des surfaces ayant une image sphérique donnée a encore un autre intérêt. Toutes les fois qu'on aura trouvé des surfaces admettant une représentation sphérique donnée, on connaîtra leurs lignes de courbure; et par suite les différentes solutions de notre problème permettront d'augmenter le nombre encore assez limité des surfaces dont on connaît les lignes de courbure.

» Soit un système de lignes sphériques orthogonales, l'expression de la distance de deux points infiniment voisins sera donnée par une formule

$$ds^2 = A^2\,d\rho^2 + C^2\,d\rho_1^2.$$

Si nous considérons un système de surfaces parallèles ayant ce système de lignes orthogonales pour image sphérique, l'expression de la distance de deux points infiniment voisins sur ces surfaces sera donnée par la formule

$$ds^2 = (Ak + B)^2\,d\rho^2 + (Ck + D)^2\,d\rho_1^2,$$

k étant une constante qui varie quand on passe d'une surface à une autre des surfaces parallèles; B et D sont deux fonctions inconnues à déterminer. Du reste, quand on connaîtra ces deux fonctions, le problème pourra être regardé comme résolu, puisqu'on saura déterminer pour chaque valeur de ρ et de ρ_1 la direction de la normale, et par suite les différentielles totales des coordonnées x, y, z, regardées comme fonction de ρ et ρ_1.

» On trouve, soit en employant les formules de M. Codazzi, soit en employant celles de M. Lamé, les équations suivantes pour B et D :

$$\frac{1}{D}\frac{dB}{d\rho_1} = \frac{1}{C}\frac{dA}{d\rho_1},$$

$$\frac{1}{B}\frac{dD}{d\rho} = \frac{1}{A}\frac{dD}{d\rho}.$$

Ces équations sont linéaires, on peut les simplifier en introduisant, au lieu de B et de D, les inconnues

$$M = \frac{B}{A}, \quad M' = \frac{D}{C},$$

et l'on obtient les équations

$$\frac{dM}{d\rho_1} = (M' - M)\,\frac{1}{A}\frac{dA}{d\rho_1},$$

$$\frac{dM'}{d\rho} = (M - M')\,\frac{1}{C}\frac{dC}{d\rho},$$

qui conduisent pour M à l'équation aux dérivées partielles du second ordre

$$\frac{d^2M}{d\rho\,d\rho_1} + \frac{1}{A}\frac{dA}{d\rho_1}\frac{dM}{d\rho} - \frac{dM}{d\rho_1}\frac{d}{d\rho}\log\frac{\frac{dA}{d\rho_1}}{AC} = 0.$$

Cette équation fait partie d'une classe d'équations linéaires étudiées d'abord par Laplace, elle peut s'intégrer dans un nombre illimité de cas. Le premier qui se présente est celui pour lequel le coefficient de $\frac{dM}{d\rho_1}$ est nul. Dans ce cas, les lignes de l'un des systèmes sont des cercles, et les surfaces correspondantes ont leurs lignes de courbure planes.

» On peut encore intégrer l'équation précédente quand les lignes de courbure de la surface cherchée doivent être sphériques; on est ainsi conduit à une méthode assez semblable à celle dont M. Lemonnier a fait usage dans un travail récent.

» Mais les deux cas précédents ne sont pas les seuls dans lesquels on puisse résoudre le problème, et c'est ce qui constitue le caractère de la méthode que nous avons suivie : elle conduit à une série de problèmes analogues à la recherche des surfaces à lignes de courbure planes et sphériques, quoique plus difficiles. Mais alors la difficulté se déplace; il faut trouver des systèmes sphériques tels, que l'équation du problème puisse s'intégrer.

» Néanmoins, on peut résoudre le problème dans un certain nombre de cas nouveaux, par exemple, si le système sphérique se compose d'ellipses homofocales. On est conduit, comme je l'ai montré dans ma communication du 30 novembre dernier, à des surfaces qui peuvent faire partie d'un système orthogonal et aussi à des surfaces différentes des premières, et qui ne paraissent pas susceptibles de former des systèmes orthogonaux. Mais la forme même des équations précédentes indique un résultat important. Les équations du problème sont linéaires, et par suite, lorsqu'on en connaîtra plusieurs solutions particulières, on aura une solution plus générale en ajoutant ces solutions particulières multipliées par des constantes arbitraires. On est ainsi conduit au théorème suivant. Soient

$$x = f(\rho, \rho_1), \quad y = f_1(\rho, \rho_1), \quad z = f_2(\rho, \rho_1),$$

et

$$X = F(\rho, \rho_1), \quad Y = F_1(\rho, \rho_1), \quad z = F_2(\rho, \rho_1),$$

deux systèmes d'équations déterminant deux surfaces de même représentation sphérique. Les surfaces

$$\begin{aligned} x &= af(\rho, \rho_1) + bF(\rho, \rho_1), \\ y &= af_1(\rho, \rho_1) + bF_1(\rho, \rho_1), \\ z &= af_2(\rho, \rho_1) + bF_2(\rho, \rho_1) \end{aligned}$$

auront toutes même représentation sphérique que les premières.

» C'est ainsi que s'engendrent toutes les surfaces parallèles d'une surface donnée. Il suffit de considérer une de ces surfaces et la sphère : les deux solutions particulières donnent la solution plus générale formée par toutes les surfaces parallèles.

» Je saisis cette occasion pour déclarer que le théorème communiqué à l'Académie dans la séance du 30 novembre dernier, et dont M. Ribeaucour avait bien voulu s'occuper, n'est pas nouveau : il avait été publié par M. Édouard Combescure dans les *Annales scientifiques de l'École normale supérieure*. Ce savant géomètre a énoncé dans son Mémoire le théorème général et en a fait l'application aux coordonnées elliptiques; mais l'application aux surfaces à lignes de courbure plane avait été donnée par moi avant la publication du Mémoire de M. Combescure. C'est, je crois, le premier exemple qu'on ait donné (en laissant de côté le cas des surfaces parallèles) d'un système orthogonal contenant des fonctions arbitraires. »

HISTOIRE DES SCIENCES. — **M. Élie de Beaumont**, en présentant à l'Académie l'ouvrage publié récemment par *M. P. Volpicelli* et intitulé « Sur l'époque de la cécité complète de Galilée », lit les passages suivants de la Lettre d'envoi :

» Dans une Réponse au P. Secchi, publiée en italien, que je vous prie de présenter de ma part à l'Académie, j'ai démontré avec des arguments nouveaux, et d'autres développements, que Galilée n'avait pas perdu la vue tout à fait à la fin de l'année 1637, et non plus à la moitié de 1638.

» J'ai fait connaître encore que Galilée a signé dans l'année 1641, avec beaucoup de clarté, une Lettre adressée à Cassiano dal Pozzo (Linceo). Cette Lettre, on la trouve à Turin, dans les Archives du Prince de la Cistera, où la même Lettre fut envoyée après l'avoir extraite de la Bibliothèque Albani, de Rome.

» J'ai démontré aussi, avec beaucoup d'arguments contre M. Faugère, que la Lettre envoyée par Pascal avec Roberval, le 16 août 1636, à de Fermat, avait été écrite par Blaise Pascal et non par Étienne, son père.

» J'ai fait une analyse mathématique de cette même Lettre, pour démontrer que B. Pascal, âgé seulement de quinze ans, était déjà beaucoup avancé dans la doctrine de l'attraction.

» Enfin, je fais voir dans cette Réponse que Beaugrand a été le premier à connaître la vraie loi suivant laquelle la gravité varie dans l'intérieur de la Terre. Mais, comme Beaugrand faisait partie de la même Société scienti-

fique, dont les deux Pascal, père et fils, faisaient partie aussi, nous avons une raison de plus pour être sûrs que B. Pascal n'ignorait pas cette loi.

ANALYSE. — *Théorèmes sur les équations algébriques;* *par* **M. C. Jordan**.

« *Définitions.* — *L'ordre* d'une équation algébrique est le nombre des substitutions de son groupe. — Une équation de degré mn est dite *non-primitive*, si elle se décompose en n équations de degré m, par la résolution d'une équation de degré n. — Une équation est *composée* ou *simple*, suivant qu'il sera possible ou non de diminuer son ordre par la résolution d'une équation auxiliaire.

» *Théorème.* — La résolution d'une équation composée se ramène (souvent de plusieurs manières) à celle d'une suite d'équations simples. L'ordre de la proposée est égal au produit des ordres de ces équations auxiliaires; on peut appeler ces derniers nombres *les facteurs de composition* de la proposée. *Ces facteurs sont toujours les mêmes*, de quelque manière que la réduction de l'équation soit opérée; mais ils pourront se présenter dans un ordre de succession différent.

» Deux racines quelconques, x_μ, x_ν d'une même équation algébrique $F(x) = 0$ peuvent être considérées comme fonctions algébriques l'une de l'autre. En effet, x_ν satisfait à l'équation $\frac{F(x) - F(x_\mu)}{x - x_\mu} = 0$, dont les coefficients sont rationnels en x_μ. Si cette équation n'est pas irréductible, elle sera décomposable en facteurs irréductibles, et l'un de ces facteurs admettra la racine x_ν.

» Désignons en général par $\varphi_{\mu,\nu} = 0$ l'équation irréductible qui détermine x_ν en fonction de x_μ. Nous dirons que les diverses équations $\varphi_{1,2} = 0, \ldots, \varphi_{\mu,\nu} = 0, \ldots$ sont *subordonnées* à l'équation $F(x) = 0$.

» On s'assure aisément que les diverses équations subordonnées à une même équation peuvent différer beaucoup les unes des autres, tant par leur degré que par leurs autres propriétés. Néanmoins, si une équation est *irréductible* et *primitive*, ses subordonnées ont toutes un caractère commun, exprimé par le théorème suivant :

» *Théorème.* — Soient $F(x) = 0$ une équation irréductible et primitive, $\varphi_{\mu,\nu} = 0$ et $\varphi_{\mu',\nu'} = 0$, deux quelconques de ses subordonnées : tout facteur de composition de $\varphi_{\mu',\nu'}$ divisera l'un des facteurs de composition de $\varphi_{\mu,\nu}$.

On déduit de ce théorème, entre autres conséquences, le corollaire suivant :

» *Corollaire.* — Si une racine x_ν d'une équation irréductible et primitive est exprimable en fonction algébrique explicite d'une autre racine x_μ, toutes les racines de cette équation seront exprimables en fonction algébrique explicite de l'une quelconque d'entre elles. (De plus, ces expressions seront toutes formées avec des radicaux de mêmes degrés.)

» En effet, l'équation $\varphi_{\mu,\nu} = 0$ étant, par hypothèse, résoluble par radicaux, ses facteurs de composition $f, f', \ldots$ seront tous premiers, d'après un théorème connu de Galois. Les facteurs de composition des autres équations $\varphi_{\mu',\nu'}, \ldots$ subordonnées à la proposée, divisant chacun un nombre de la suite $f, f', \ldots$ seront premiers. Donc ces équations seront résolubles par radicaux.

» Dans le cas plus particulier encore où x_ν s'exprimerait rationnellement en x_μ, toutes les racines de la proposée seraient fonctions rationnelles de l'une quelconque d'entre elles, ce qui est un théorème d'Abel. »

PHYSIQUE. — *Sur le magnétisme.* Note de **M. Trève**, présentée par M. Faye. (Extrait.)

« M. Trève, poursuivant ses recherches sur le magnétisme, a imaginé de soumettre la fonte de fer à une influence électromagnétique.

» Dans l'axe d'une forte bobine, on a disposé un moule en sable qui a reçu le jet de fonte, alors qu'on y faisait passer un énergique courant de 12 couples Bunsen. On obtenait, à quelque distance de là, un petit cylindre de la même fonte, soustrait à toute influence magnétique. Dès que le refroidissement a été complet, on a enlevé les moules, cassé les cylindres et examiné le grain de chacun d'eux. MM. Donzel, fondeurs en fer, l'ont immédiatement étudié et n'ont constaté aucune différence de cristallisation. Deux plus petits échantillons ont été exactement calibrés par M. Deleuil, qui n'a constaté que la minime différence de 3 milligrammes dans leurs poids.

» Un fait important est néanmoins révélé par ces premiers essais. On a constaté la présence *d'une puissante aimantation de la fonte*, depuis son état liquide répondant à 1300 degrés, jusqu'à son refroidissement complet. Le cylindre de fonte, à peine pâteux, attirait très-fortement un gros barreau de fer. Il est resté aimant depuis sa solidification, aimant faible il est vrai, mais enfin caractérisé par ses deux pôles. Il en résulterait donc que l'incompatibilité n'existerait pas entre la chaleur et le magnétisme, c'est-à-dire que le fer peut être magnétique à *toute température*, dès que *la cause persiste*, comme dans l'expérience décrite ci-dessus.

» M. Faye, dans la séance du 16 août 1865, avait signalé un résultat remarquable, qui n'est pas sans analogie avec celui que l'on vient de faire connaître.

« Après avoir fait dissoudre dans un acide du fer doux, dénué de force
» coercitive et l'avoir déposé en couche mince par la galvanoplastie sur la
» surface d'une lame de cuivre, l'illustre Académicien constata dans ce fer
» chimiquement pur (1) une faculté coercitive si énergique, qu'il a pu
» chauffer une plaque ainsi préparée jusqu'au point de fusion du cuivre
» rouge lui-même, sans faire disparaître l'aimantation qu'il lui avait d'abord
» communiquée. Cette plaque a conservé son magnétisme depuis cette
» époque... »

» Si maintenant, ainsi que ces résultats si analogues tendraient à le faire admettre, il n'est pas de température, haute ou basse, incompatible avec l'existence du magnétisme, *lorsque la cause première est persistante*, comme dans le cas de la Terre, perpétuellement soumise à l'action des courants qui l'enveloppent de l'est à l'ouest, il y aurait quelque raison d'accorder plus de vraisemblance à l'hypothèse de l'aimant central, qui explique à peu près complétement la variation et l'inclinaison de l'aiguille aimantée, ou bien, le noyau central pouvant être magnétique, quelle qu'en soit la température, ne serait-ce pas ce magnétisme perpétuellement en rotation de l'ouest à l'est qui déterminerait dans l'atmosphère environnante les courants de l'est à l'ouest qui ont été constatés par Ampère? »

CHIMIE. — *Sur l'analyse immédiate des diverses variétés de carbone.* Note de M. **Berthelot**, présentée par M. Balard.

Deuxième Partie. — *Les oxydes graphitiques et leurs dérivés.*

« Les mots *carbone amorphe* et *graphite* désignent chacun un certain nombre de variétés, distinctes non-seulement par les caractères de la variété isolée, mais aussi par ceux de ses dérivés. Par exemple, les corps que l'on obtient en oxydant les divers carbones amorphes ne sont pas identiques : ils sont différents par leur teinte, par leur aptitude inégale soit à entrer en émulsion, soit à former avec l'eau des solutions précipitables par l'addition des substances salines, etc. Les carbones qui dérivent soit du coke, soit du noir de fumée, soit du charbon déposé dans les tubes, soit du charbon obtenu en décomposant la benzine par une quantité insuffisante

(1) Mais aigre et cassant.

d'acide iodhydrique à 280 degrés, et quelques autres encore, offrent des différences de ce genre, faciles à constater. Toutefois l'état amorphe et incristallisable, l'absence de volatilité et de combinaisons définies rendent l'étude approfondie de ces composés oxydés (1) extrêmement difficile; je me bornerai donc à les signaler d'une manière générale. Je rappellerai cependant que le carbone pur, obtenu par la réaction du chlore sur le charbon de fusain au rouge-blanc, peut être ensuite oxydé par l'acide nitrique seul et changé en un composé soluble. Ce composé, traité par l'acide iodhydrique, à 280 degrés, fournit des carbures forméniques, $C^{2n}H^{2n+2}$, liquides et gazeux. Le carbone pur, qui l'a engendré, ne possédait pas cette propriété; mais elle appartenait à la matière charbonneuse primitive. C'est en faisant concourir ainsi les agents d'oxydation et de réduction que l'étude comparée des diverses variétés de carbone amorphe deviendra possible.

» Il existe aussi plusieurs variétés distinctes de graphite; je vais en signaler spécialement trois, que j'ai réussi à caractériser, à savoir :

» 1° Le graphite de la plombagine naturelle; 2° le graphite de la fonte; 3° le graphite électrique, obtenu par la transformation des diverses variétés de carbone sous l'influence de l'arc voltaïque.

» Ces trois graphites fournissent chacun un oxyde graphitique, un oxyde hydrographitique et un oxyde pyrographitique particuliers.

» I. PLOMBAGINE (c'est la variété observée par M. Brodie). — 1. L'*oxyde graphitique* qui en dérive se présente, à l'état humide, sous la forme de paillettes micacées, d'un jaune pâle, insolubles dans tous les dissolvants, neutres, alcalins ou acides, et que les réactions oxydantes réitérées n'altèrent plus guère. Il ne renferme ni chlore ni azote.

» Lorsqu'on le dessèche, même à la température ordinaire, il s'agglomère en plaques brunes, amorphes, tenaces, dans lesquelles la structure primitive a disparu. Ce caractère est essentiel dans l'oxyde de la plombagine, car il reparaît à la suite des diverses transformations subies par ledit oxyde. Par exemple, l'oxyde agglutiné reprend son aspect pailleté, lorsqu'on le chauffe avec un mélange d'acide nitrique et de chlorate de potasse; mais il s'agglomère de nouveau et redevient brun et amorphe pendant la dessic-

---

(1) Hatchett a observé, en 1806, une substance analogue, qu'il obtenait en traitant par l'acide nitrique diverses résines, bitumes et matières charbonneuses, substance qu'il appelait *tannin artificiel* (*Annales de Chimie*, t. LVII, p. 113). M. Chevreul ne tarda pas à démontrer que ce n'était pas là du tannin véritable, mais un produit variable suivant son origine et renfermant les éléments nitriques (*Annales de Chimie*, t. LXXIII, p. 36 et 191; 1810).

cation. Je montrerai bientôt que les mêmes propriétés spéciales reparaissent à la suite de métamorphoses plus profondes, telles que l'hydrogénation ou la décomposition par la chaleur. Elles se manifestent aussi dans l'oxyde préparé au moyen de la plombagine purifiée par le chlore, au rouge-blanc, des traces d'hydrogène qu'elle contenait encore.

» Cette dernière expérience, pour le dire en passant, lève un doute que celles de M. Brodie laissaient peut-être subsister. En voyant l'oxydation de la plombagine fournir un oxyde qui contient de l'hydrogène, et que M. Brodie représente par la formule $C^{24}H^4O^{10}$, on aurait pu se demander si cet hydrogène ne dérive pas de l'hydrogène préexistant dans la plombagine. Celle-ci ne serait-elle pas, au même titre que les charbons d'origine organique, une sorte de carbure d'hydrogène à équivalent très-élevé?

» 2. *Oxyde hydrographitique.* — L'hydrogénation modifie profondément les caractères de l'oxyde graphitique. J'ai opéré avec l'acide iodhydrique, lequel transforme en carbures d'hydrogène tous les composés organiques, et même les matières ulmiques, la houille, le charbon de bois, etc. L'oxyde graphitique a donc été chauffé à 280 degrés pendant plusieurs heures avec 80 parties d'acide iodhydrique (densité = 2,0). J'ai obtenu ainsi (1) un composé nouveau, l'*oxyde hydrographitique*, plus hydrogéné, mais brun, amorphe, cohérent, insoluble dans tous les dissolvants, comme le corps primitif. L'oxyde hydrographitique se distingue très-nettement de l'oxyde graphitique, parce qu'il a perdu la propriété de se décomposer avec déflagration et boursouflement sous l'influence de la chaleur. Traité par un mélange de chlorate de potasse et d'acide nitrique, à trois reprises successives, il a reproduit l'oxyde graphitique qui l'avait engendré, avec toutes ses propriétés, même les plus spéciales.

» Ainsi l'oxyde graphitique, traité par l'acide iodhydrique, se comporte tout autrement que les matières ulmiques et charbonneuses, auxquelles on serait porté à le comparer. Au lieu de fournir des carbures saturés, $C^{2n}H^{2n+2}$, dans les mêmes conditions d'hydrogénation, il se transforme en un hydrure aussi spécial que l'oxyde lui-même, et capable de le régénérer.

» 3. *Oxyde pyrographitique.* — C'est le produit que l'on obtient en détruisant par la chaleur (vers 250 degrés) l'oxyde graphitique, opération qui

(1) En même temps, il se produit un grand volume d'hydrogène, lequel renferme un demi-centième de gaz des marais. L'oxyde hydrographitique retient une quantité notable d'iode, mécaniquement ou autrement, que l'acide sulfureux n'enlève pas.

doit être faite sur de petites quantités à la fois, et en ayant soin qu'aucune parcelle n'échappe à l'action de la chaleur. C'est une poudre noire, légère, floconneuse, laquelle renferme encore de l'hydrogène et de l'oxygène. M. Brodie la représente par la formule $C^{44}H^2O^8$. Dans sa formation, on s'est rapproché de l'état chimique des matières charbonneuses ordinaires. Je m'en suis assuré, tant par oxydation que par hydrogénation.

» Traité par le mélange ordinaire de chlorate de potasse et d'acide nitrique, l'oxyde pyrographitique se dissout presque entièrement, à la façon des carbones amorphes proprement dits; il ne reproduit ainsi qu'une faible proportion d'oxyde graphitique. L'oxyde régénéré offre toutes les propriétés, même les plus spéciales, de l'oxyde graphitique primitif.

» Telles sont les propriétés de l'oxyde graphitique de la plombagine. Les autres graphites forment des séries parallèles, mais non identiques.

» II. GRAPHITE DE LA FONTE (1). — 1. *L'oxyde graphitique* de la fonte se présente en écailles jaune-verdâtre, mieux développées que celles de l'oxyde de la plombagine, et qui ne s'agglomèrent en aucune façon pendant la dessiccation; elles subsistent avec une teinte jaune ou jaune-verdâtre toute spéciale. Ce caractère les distingue très-nettement de l'oxyde de la plombagine, d'autant plus qu'il reparaît à la suite des métamorphoses par hydrogénation ou décomposition pyrogénée.

» 2. *Oxyde hydrographitique.* — L'oxyde graphitique de la fonte, chauffé avec l'acide iodhydrique à 280 degrés, se transforme en une matière brune; mais cette matière conserve la propriété de se détruire avec boursouflement sous l'influence de la chaleur, propriété qui la distingue de l'oxyde hydrographitique de la plombagine, préparé dans des conditions tout à fait identiques. Celui de la fonte dégage en même temps une quantité d'iode très-considérable, et qui semble impliquer l'existence d'un composé iodé spécial. L'oxyde hydrographitique de la fonte, oxydé de nouveau, reproduit l'oxyde graphitique en écailles jaune-verdâtre, non agglutinables par la dessiccation, et douées des mêmes propriétés que l'oxyde primitif.

» 3. *Oxyde pyrographitique.* — L'oxyde graphitique de la fonte se détruit par la chaleur avec une déflagration plus vive et un boursouflement plus considérable que celui de la plombagine. L'oxyde pyrographitique correspondant se dissout dans un mélange d'acide nitrique et de chlorate de potasse d'une manière bien plus complète. Cependant il reproduit ainsi

---

(1) Des forges de Niderbronn (Bas-Rhin), donné par M. Boussingault.

quelques écailles d'oxyde graphitique, douées exactement des mêmes propriétés que l'oxyde primitif, et distinctes de l'oxyde de la plombagine.

» III. Graphite électrique. — 1. L'*oxyde graphitique* du graphite électrique offre l'aspect d'une poudre marron, laquelle ne s'agglomère pas sensiblement pendant la dessiccation. Ces caractères reparaissent, à la suite des métamorphoses par hydrogénation ou décomposition pyrogénée.

» 2. *Oxyde hydrographitique.* — Cet oxyde ne se décompose pas avec boursouflement sous l'influence de la chaleur, pas plus que l'oxyde de la plombagine et contrairement à l'oxyde de la fonte. Oxydé de nouveau, il reproduit un oxyde graphitique pulvérulent, de teinte marron, et qui fournit un oxyde pyrographitique non floconneux.

» 3. *Oxyde pyrographitique.* — L'oxyde du graphite électrique se décompose avec déflagration ; mais il laisse une poussière pesante, non floconneuse, laquelle se rassemble dans un petit espace, contrairement à ce qui arrive pour les oxydes de la plombagine et de la fonte. Oxydé de nouveau, cet oxyde pyrographitique disparaît presque en totalité, sauf quelques grains d'oxyde graphitique, régénéré avec ses propriétés primitives.

» Voilà les distinctions que j'ai observées entre les divers graphites : quelque délicates qu'elles soient, elles m'ont paru spécifiques. Une étude plus approfondie en révélera sans doute de nouvelles; mais je préfère m'attacher maintenant à un autre problème, à savoir : la transformation des oxydes graphitiques dans les composés organiques proprement dits. »

CHIMIE. — *Action de l'ammoniaque sur le phosphore.* Note de **M. A. Commaille** (Extrait.)

« 1° *Action d'une ammoniaque d'une densité de* 0,930 ($AzH^3 = 18$ pour 100) *sur le phosphore ordinaire.* — Les fragments de phosphore en rondelles n'ont pas changé de forme, ils sont noirs jusqu'au centre. Le gaz dégagé, analysé par le sulfate de cuivre, contient 10 pour 100 d'hydrogène, et 90 pour 100 d'hydrogène phosphoré.

» 2° *Même expérience.* — 2 grammes de phosphore ont donné, à la lumière ordinaire de la chambre, et à la température de + 17 degrés, après quinze jours, 7 centimètres cubes de gaz; le phosphore est recouvert d'une couche brune foncée. Je recherche, dans le liquide ammoniacal baignant dans le phosphore, un composé oxygéné de l'azote, et je n'en trouve point par la réaction de l'acide sulfurique et du sulfate de fer.

» 3° *Expérience avec la croûte blanchâtre qui recouvre les bâtons de phosphore.* — Ces croûtes deviennent jaune sale. En douze jours, il s'est dégagé

12 centimètres cubes de gaz, contenant 50 pour 100 d'hydrogène, et 50 pour 100 d'hydrogène phosphoré. La poudre jaune sale ne noircit pas au contact de l'ammoniaque concentrée.

» 4° *Expérience avec le phosphore amorphe.* — De même que M. Blondlot (*Comptes rendus*, t. LXVII, p. 1250), je constate que le phosphore amorphe est absolument sans action sur l'ammoniaque.

» 5° *Action d'une ammoniaque d'une densité de* 0,971 ($AzH^3 = 7$ pour 100) *sur le phosphore ordinaire.* — Les corps sont restés en contact pendant plus de dix-huit mois, à la lumière ordinaire, devant une fenêtre, dans une cloche renversée. Le gaz dégagé occupe environ 10 centimètres cubes par gramme de phosphore, coupé en minces rondelles. Il contient $PhH^3 = 59,05$ et $H = 40,95$ pour 100.

» Le phosphore est devenu friable, feuilleté, jaune terne, recouvert d'une mince pellicule vert bronzé. Trituré, il est d'un jaune verdâtre; brun verdâtre quand il est mouillé par CS^2, il noircit quand il est au contact de l'ammoniaque concentrée, comme l'a vu M. Blondlot. Il ne fond pas et ne change pas de couleur à 95 degrés dans l'eau purgée d'air. Il ne devient pas jaune orangé à la lumière directe du soleil, comme le fait Ph^2H (1). Chauffé à l'air, il devient rouge, puis s'enflamme en projetant des étincelles brillantes, ce qui le distingue du phosphure d'azote jaune. Il ne fume pas à l'air, ne s'emflamme pas par le frottement, et j'ai pu le réduire en poudre fine, à sec, dans un mortier. Il n'est pas phosphorescent.

» Il n'a qu'une très-faible odeur de phosphore, mais quand il a été lavé avec le sulfure de carbone et conservé dans un vase clos, il prend une odeur analogue au sulfhydrate d'ammoniaque. Il est complétement insoluble dans l'eau, l'alcool, ce qui le distingue de la combinaison PhO^5, Ph^2O, qui est également aune. Il est insoluble dans le sulfure de carbone. $0^{gr},205$ de ce phosphore jaune, traités à trois reprises par le sulfure de carbone, ont pesé $0^{gr},200$ après dessiccation. Mis en ébullition dans l'eau, il ne dégage aucun gaz, mais un peu de fumées blanches. L'eau qui distille est devenue insensiblement alcaline, celle qui reste est acide, mais faiblement.

» L'acide sulfurique froid est sans action (2). Avec l'acide bouillant, il y a dissolution du phosphore, avec production de soufre et de trisulfure de phosphore.

» L'acide azotique ordinaire l'attaque vivement à froid, ce qui n'a pas lieu avec le phosphore ordinaire, ni avec le phosphure d'azote. Le phos-

---

(1) M. Paul Thenard, *Annales de Chimie et de Physique*, 3e série, t. XIV, p. 28.

(2) M. Paul Thenard dit que SO^3 décompose Ph^2H (*loc. cit.*).

phure Ph^2H s'enflamme, ce qui n'a pas lieu avec le phosphore modifié par l'ammoniaque.

» Avec le sulfate de cuivre, il y a production de phosphure de cuivre noir, mais jamais dépôt de cuivre métallique, ce qui a lieu avec le phosphore ordinaire et Ph^2H (1).

» Lorsqu'on le triture, même à dose infiniment petite, avec le chlorate de potasse, il y a une très-violente détonation.

» Avec une solution concentrée de potasse, il y a un dégagement immédiat de gaz, qui s'arrête bientôt. Si l'on chauffe, le dégagement recommence, le gaz est alors constitué presque uniquement par de l'hydrogène contenant de la vapeur de phosphore, car lorsqu'on l'agite avec du sulfate de cuivre, il y a production d'un dépôt noir, sans diminution bien notable. Le gaz brûle alors avec une flamme non éclairante. Le corps noir de M. Fluckiger n'est pas attaqué par la potasse bouillante (2).

» Lorsqu'on chauffe avec de la baryte récemment calcinée, il ne se dégage pas d'ammoniaque. Ce n'est donc pas un oxyde ammoniacal, comme le corps noir obtenu par M. Fluckiger, par M. Blondlot et par moi. Mais est-ce bien un oxyde que ce corps noir ?

» *Analyse du phosphore modifié.* — Le phosphore a été placé au fond d'un tube, et surmonté d'une longue colonne d'argent finement divisé. L'air a été chassé par un courant d'acide carbonique lavé. Le fond du tube a été alors chauffé à la lampe à alcool : il s'est formé du phosphure d'argent noir et le gaz a été recueilli sur le mercure, dans une cloche contenant une solution de potasse. Le courant d'acide carbonique était continué pendant et après la réduction du phosphore.

» Les nombres trouvés correspondent à un phosphure d'hydrogène de la formule Ph^3H :

			I.	II.	III.	IV.	Moyenne.
Ph^3......	1200,0	98,969	»	»	»	»	»
H.......	12,5	1,031	0,954	0,938	1,038	1,047	0,994
	1212,5	100,000					

» Le phosphure de M. Le Verrier Ph^2H contient 1,6 d'hydrogène. Il reste à rechercher si l'ammoniaque entre dans la réaction (3) et, si cela est, ce que devient l'azote. »

---

(1) M. Paul Thenard (*loc. cit.*).

(2) Voir *Dictionnaire de Chimie* de M. Wurtz.

(3) Ce qui n'est pas probable (voir *Expérience* 2°), l'ammoniaque fonctionnant comme la potasse dans la préparation de PhH^3.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Préparation nouvelle de l'alcool allylique.* Note de **MM. B. Tollens** et **A. Henninger**, présentée par M. Wurtz.

« Il y a quelque temps, l'un de nous, en collaboration avec M. Kempf (1), a obtenu comme produit accessoire, dans la fabrication de l'alcool allylique, d'après le procédé de M. Lorin, un liquide qui, ainsi que l'a démontré l'examen fait en collaboration avec M. Weber (2), consistait principalement en formiate d'allyle.

» Nous avons étudié les conditions de formation de ce corps et nous sommes parvenus à les préciser de manière à en déduire un procédé de préparation facile de quantités considérables d'alcool allylique, substance jadis très-pénible à obtenir.

» En présence de la glycérine, l'acide oxalique, comme l'a découvert M. Berthelot, se dédouble en acide carbonique et acide formique, ce dernier s'obtient par une distillation avec l'eau ou, d'après M. Lorin, avec une nouvelle quantité d'acide oxalique.

» Mais si, sans addition d'eau ou d'une nouvelle quantité d'acide oxalique, on continue à chauffer le mélange, l'acide formique, retenu par la glycérine, la réduit, et il se forme ainsi de l'alcool allylique qui passe dans le récipient.

» Nous chauffons 4 parties de glycérine avec une partie d'acide oxalique cristallisé dans une cornue, munie d'un thermomètre plongeant dans le liquide. Le dégagement d'acide carbonique, vif au commencement, se ralentit peu à peu à une température élevée, pour se ranimer de nouveau vers 190 degrés où l'odeur irritante de l'alcool allylique se manifeste. Nous changeons alors de récipient et nous continuons la distillation jusqu'à 260 degrés.

» Il passe de 190 à 260 degrés de l'alcool allylique aqueux, mélangé de formiate d'allyle, d'acroléine, de glycérine entraînée, d'acide formique, etc. Le résidu est formé par l'excès de glycérine nécessaire pour empêcher que l'acide formique distille sans agir sur la glycérine; on emploie ce résidu pour une nouvelle préparation d'alcool allylique, en le distillant avec une nouvelle quantité d'acide oxalique.

» On obtient l'alcool allylique en rectifiant le liquide qui est passé entre 190 et 260 degrés; après dessiccation par le carbonate de potasse, on

---

(1) *Bulletin de la Société Chimique* (nouvelle série), t. VII, p. 347.

(2) *Bulletin de la Société Chimique* (nouvelle série), t. IX, p. 83.

le débarrasse du formiate d'allyle et de l'acroléine par la potasse solide.

» On distille de nouveau et on enlève les dernières traces d'eau par une rectification sur la baryte anhydre. On obtient en alcool allylique plus d'un cinquième du poids de l'acide oxalique employé.

» L'alcool allylique est un liquide incolore d'une odeur irritante qui se manifeste quelque temps après l'inhalation ; il bout à 91 degrés ; exposé à une température de ÷54 degrés, il se solidifie.

» L'analyse a donné des nombres correspondant exactement à la formule C^3H^6O.

» Le carbonate de potasse ne le déshydrate pas complétement, comme le démontrent les analyses de M. Linnemann ainsi que celles de MM. Tollens et Weber.

» L'alcool allylique se forme par deux réactions successives : il se produit d'abord de la monoformine, qui se décompose ensuite en acide carbonique, eau et alcool allylique :

$$\underbrace{C^3H^5\left\{\begin{array}{l} OH \\ OH \\ O.CO\ H \end{array}\right.}_{\text{Monoformine.}} = \underbrace{C^3H^5OH}_{\text{Alcool allylique.}} + H^2O + CO^2.$$

» Il y a entre la glycérine et l'alcool allylique la différence de $(OH)^2$.

» La monoformine a été isolée au mélange de glycérine et d'acide oxalique, chauffé à 190 degrés, par l'agitation avec l'éther. Par évaporation l'éther a laissé une huile distillant dans le vide à 165 degrés, mais qui, chauffée à l'air, se décompose en alcool allylique et acide carbonique. Elle est neutre, mais se dédouble avec l'eau en donnant naissance à de l'acide formique. L'analyse a donné approximativement les nombres de la monoformine.

» Le gaz dégagé dans la préparation de l'alcool allylique est de l'acide carbonique mêlé à 4 à 5 pour 100 d'oxyde de carbone, comme l'ont démontré des échantillons pris à 245, 249, 256 degrés.

» L'iodure d'allyle, préparé par MM. Berthelot et de Luca (1), a été la matière première employée par ces chimistes, ainsi que par MM. Cahours et Hofmann (2), pour la préparation d'un grand nombre d'éthers allyliques. On obtient facilement l'iodure d'allyle par la distillation du mélange d'al-

---

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, 3e série, t. XLIII, p. 257.

(2) *Annales de Chimie et de Physique*, 3e série, t. L, p. 432.

cool allylique, d'iode et de phosphore rouge indiqué dans une communication précédente de MM. Tollens et Weber; on distille lentement, et quand la moitié de l'iodure est passée, on ajoute de l'eau pour distiller le reste: sans cette précaution on s'expose à une explosion.

» L'iodure d'allyle avec le zinc, l'acide chlorhydrique et l'alcool, donne du gaz propylène; nous préférons ces matières au mercure et à l'acide chlorhydrique concentré; la réaction se passe à froid, et presque aucune partie d'iodure d'allyle n'échappe par volatilisation à la réaction de l'hydrogène naissant.

» L'alcool allylique s'unit au chlore pour former divers produits que nous étudions en ce moment.

» L'alcool allylique est la matière première de la préparation de l'acide allylique, des sulfallylates, etc.

» Nous avons cherché à généraliser la réaction qui donne naissance à l'alcool allylique, mais les alcools monoatomiques ne se prêtent pas à cette réaction: l'alcool amylique et le phénol, en présence de l'acide formique, restent intacts à 280 degrés, et ne perdent pas ΘH pour engendrer le diamyle ou le diphényle. La mannite est réduite à 270 degrés, il se produit de l'acide carbonique, et il distille un liquide jaunâtre, bouillant à 250 à 270 degrés, possédant l'odeur de l'acide parasorbique.

» Nous nous proposons de soumettre aussi l'érythrite à l'action de l'acide formique. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur le bromure d'allyle et l'essence de moutarde.* Note de **M. B. Tollens**, présentée par M. Wurtz.

» MM. Cahours et Hofmann ont préparé le bromure d'allyle en faisant agir du bromure de phosphore sur l'alcool allylique; mais la quantité dont ils disposaient étant trop minime, ils ont dû renoncer à un examen de ses propriétés.

» Le bromure d'allyle est un liquide incolore, d'odeur irritante, sa densité est 1,451 à zéro, 1,4358 à 15 degrés, et 1,3609 à 62 degrés; le coefficient de dilatation de zéro à 15 degrés est 0,0007136, de 15 à 62 degrés 0,0011848; la densité calculée pour 70 degrés est 1,3489, et le volume spécifique 89,7; il devrait être de 88,3 d'après des théories de M. Kopp; il bout à 70 degrés sous une pression de 753 millimètres; l'analyse a confirmé la formule $\mathrm{C}^3\mathrm{H}^5\mathrm{Br}$.

» Le bromure d'allyle est différent du propylène bromé de M. Reynolds,

dont le point d'ébullition est de 54 degrés, d'après des expériences inédites de M. Vogt.

» Il rappelle les propriétées du chlorure d'allyle de M. Oppenheim (1) et de l'iodure d'allyle, avec lesquels il forme un groupe bien caractérisé présentant les mêmes différences des points d'ébullition, qu'on a constatées dans d'autres séries :

	Chlorure.		Bromure.		Iodure.
Allyle............	$\mathrm{C^3H^5Cl}$		$\mathrm{C^3H^5Br}$		$\mathrm{C^3H^5I}$
	44°,5	25°,5	70°	31°	101°
	32°,5		29°		30°
Éthyle...........	$\mathrm{C^2H^5Cl}$		$\mathrm{C^2H^5Br}$		$\mathrm{C^2H^5I}$
	12°	29°	41°	30°	71°

» Le bromure d'allyle se décompose avec les sels potassiques et argentiques; chauffé avec le sulfure de potassium, il forme du sulfure d'allyle ou essence d'ail, bouillant à 140 degrés (2). Le bromure d'allyle, comme l'a trouvé M. Dusart (3), donne du sulfocyanure d'allyle.

» Le sulfocyanure d'allyle prend également naissance dans la distillation du sulfallylate de potassium avec le sulfocyanure de potassium (4).

» Le sulfocyanure d'allyle, engendré des deux manières, est identique sous tous les rapports, avec l'essence de moutarde naturelle.

» Ces recherches ont été faites au laboratoire de M. Wurtz. »

PHYSIOLOGIE. — *Expériences d'inoculation, démontrant que le tissu d'une pustule maligne et le sang d'un animal charbonneux ne perdent pas, par la dessiccation, leur propriété virulente.* Note de **M. Raimbert.**

« Dans une communication faite par M. Bouley a l'Académie le 18 février, sur le *mal des montagnes* qu'il identifie au charbon, je lis la conclusion suivante : « 2° Que du sang charbonneux, qui contient des bactéries en très-

---

(1) *Bulletin de la Société Chimique* (nouvelle série), t. VI, p. 3.

(2) L'essence d'ail se combine au brome en donnant naissance à de belles aiguilles incolores.

(3) *Annales de Chimie et de Physique*, 3e série, t. XLV, p. 339.

(4) Une réaction parallèle engendre le sulfocyanure d'éthyle, mais les sulfocyanures d'éthyle et d'allyle, comme l'a démontré récemment M. Hofmann, ne sont pas des substances analogues; la même réaction donne donc des produits non comparables dans les séries éthylique et allylique, phénomène dont l'explication reste à trouver et du genre de ceux qui se produisent dans la formation des carbylamines ou formonitriles.

» grande quantité, perd sa propriété virulente par la dessiccation et ne la
» récupère pas par son délayement dans l'eau, quoique les bactéries y restent parfaitement visibles. »

» Cette conclusion est tout à fait en opposition avec le résultat que j'ai obtenu d'inoculations pratiquées avec des fragments de pustules malignes desséchées et le sang desséché d'un animal charbonneux. Je demande la permission à l'Académie de lui exposer brièvement des expériences anciennes et d'autres plus récentes, qui me paraissent décisives.

» I. *Expériences d'inoculation concernant la pustule maligne.* — Depuis les recherches que j'ai entreprises avec le concours de M. Davaine, la présence de bactéridies dans la pustule maligne est un fait que de nouvelles investigations ont pleinement confirmé; cette affection est donc bien de nature charbonneuse, et la dessiccation devrait, d'après la conclusion ci-dessus, lui faire perdre sa propriété virulente : il n'en est rien, comme le prouvent les faits suivants.

» *Premier fait* : Une pustule maligne fut enlevée, en juillet 1859, avec le bistouri, à l'avant-bras d'une femme, et une très-petite portion de l'escarre, de l'épiderme vésiculeux et du sang *desséché* de cette pustule furent inoculés à un lapin. Cet animal mourut, trente-six heures après l'inoculation.

» *Deuxième fait :* En septembre 1861, je pratique l'excision d'une pustule maligne à l'avant-bras de la femme d'un marchand de peaux de mouton, et, vingt heures après, j'inocule à un fort lapin un fragment de cette pustule, dont la *surface est desséchée.* Le lapin meurt, quarante-huit heures après l'inoculation.

» *Troisième fait :* Le 9 novembre 1861, j'excise, au cou d'un marchand de peaux de lapin, une pustule maligne dont il meurt. Dix-huit heures après, j'inocule à un lapin un fragment *desséché* de cette pustule; mort du lapin quatre-vingts heures après l'inoculation.

» II. *Expériences d'inoculation concernant le sang charbonneux.* — *Première expérience:* En juillet 1868, j'inocule, à un fort lapin, du sang *desséché*, *contenant des bactéridies* et provenant de la rate d'un cheval charbonneux; mort du lapin au bout de cinquante-six à soixante heures. (En même temps un lapin est inoculé avec du sang tiré de la veine lacrymale, pendant la vie du même animal déjà malade; ce sang est desséché et ne contient pas de bactéridies : résultat nul.)

» *Deuxième expérience :* Le 26 janvier 1869, je délaye dans de l'eau du sang, desséché depuis six mois, de la rate de ce même cheval, et je l'ino-

cule sous la peau du dos d'un cobaye; mort du cobaye soixante heures après l'inoculation; très-nombreuses bactéridies dans la rate de cet animal.

» *Troisième expérience :* Le même jour, à la même heure, j'inocule à un cobaye du *sang desséché* contenant une grande quantité de bactéridies, provenant d'un mouton mort du sang de rate, et conservé depuis près de cinq mois. Le cobaye meurt, au bout de cinquante à cinquante-quatre heures. Bactéridies innombrables dans la rate de ce cobaye.

» *Conclusion.* — Ces faits et expériences n'ont pas besoin de commentaire : ils prouvent, ce me semble, qu'un fragment de pustule maligne desséchée, au moins à la surface, inoculé à un lapin, et que le sang d'un animal charbonneux, contenant des bactéridies, inoculé à un lapin ou à un cobaye, desséché ou délayé dans l'eau après dessiccation, déterminent la mort de ces animaux. »

PHYSIOLOGIE. — *Remarques relatives aux recherches de* M. Sanson *sur les maladies charbonneuses.* Note de **M. C. Davaine**, présentée par M. Claude Bernard.

« Dans sa communication du 11 janvier 1869 sur la maladie appelée *mal des montagnes*, M. Bouley rapporte des observations de M. Sanson, relatives à la maladie charbonneuse. Ces observations infirmeraient plusieurs des résultats de mes recherches sur cette maladie : 1° le sang charbonneux perdrait, par la dessiccation, la faculté de transmettre le charbon ; 2° les *bactéridies* n'existeraient pas constamment chez les animaux atteints de cette maladie.

» 1° Quant au premier point, j'ai inoculé le sang charbonneux desséché un grand nombre de fois avec succès. J'ai déjà publié plusieurs de ces faits; il me suffira d'en rappeler quelques-uns. Pendant l'été de 1864, j'ai fait de nombreuses recherches expérimentales sur les maladies charbonneuses; or, je me suis procuré le virus charbonneux avec du sang que je conservais sec depuis l'année précédente et qui datait de onze mois. Ce fait se trouve mentionné dans les *Comptes rendus* de l'Académie, séance du 22 août 1864. Au mois de juillet 1868, je fis de nouvelles expériences sur cette maladie. Le virus charbonneux provenait, cette fois, de sang desséché qui m'a été envoyé dans une lettre par M. Raimbert, médecin à Châteaudun. Dans la séance de l'Académie de médecine du 11 août, j'ai montré un cobaye atteint d'une pustule maligne artificielle; cette pustule avait été produite par l'introduction, sous l'épiderme de l'animal, d'une très-petite parcelle de ce même sang sec, envoyé par M. Raimbert. Le grand nombre des inocula-

tions que j'ai faites en 1864, puis en 1868, et qui toutes ont eu pour point de départ l'inoculation de sang desséché, ne peuvent laisser croire à une erreur dans la nature de la maladie ; il n'est donc point possible de contester le fait. Cependant, je suis loin de nier la réalité des résultats contradictoires obtenus par M. Sanson ; ces résultats s'expliquent facilement. J'ai fait observer, dans plusieurs de mes publications, que la putréfaction enlève assez promptement au sang charbonneux la propriété de transmettre la maladie ; j'ai fait observer encore que, en été, le sang charbonneux qu'on laisse se dessécher lentement se putréfie d'abord et qu'il devient ainsi tout à fait inerte. Il faut, sans doute, voir dans ce fait l'une des causes qui ont amené les résultats négatifs obtenus par M. Sanson.

» 2° Quant à la présence des *bactéridies* chez les animaux charbonneux qui, suivant M. Sanson, ne serait pas constante, je ne chercherai point à expliquer la contradiction. Je ferai simplement observer que la putréfaction enlève, il est vrai, au sang charbonneux, sa faculté d'inoculer le charbon, mais elle donne à ce sang la propriété de tuer par *septicémie*. Or, la septicémie est contagieuse comme le charbon et peut être facilement confondue avec lui, si l'on se contente d'un examen superficiel ; elle s'en distingue toutefois par les caractères précis que j'ai donnés dans une récente communication à l'Académie ; en outre, par l'*absence des bactéridies*. Ce qui tendrait à prouver que M. Sanson n'a point évité la confusion que je signale, c'est d'abord que cet observateur, croyant à une parenté très-étroite entre le charbon et la putréfaction, n'a pas dû se préoccuper de l'éviter ; c'est ensuite que le sang qu'il a expérimenté, après l'avoir desséché, n'a point donné lieu à une maladie générale ; or, c'est ce qui arrive pour le sang de la septicémie, mais non pour le sang charbonneux.

» Enfin, bien qu'il soit établi par les recherches de plusieurs observateurs que les filaments du sang charbonneux ne sont pas de la même espèce que ceux de la putréfaction, de la septicémie (Coze et Feltz), ou d'une *infusion de foin*, bien que l'un des savants les plus autorisés en ces matières, M. Robin, tenant compte de leurs caractères distinctifs, ait cru devoir classer les filaments du charbon, non plus parmi les vibrioniens, mais parmi les algues, dans le genre *Leptothrix*, M. Sanson confond tous ces petits êtres les uns avec les autres et leur donne collectivement le nom de *Bactéries*.

» Avec des vues si différentes, deux observateurs ne peuvent arriver aux mêmes résultats ; il me suffit, je pense, de signaler ces divergences du point de départ pour rendre raison des contradictions. »

PHYSIOLOGIE. — *Sur la virulence du sang des animaux affectés de maladies charbonneuses.* Note de **M. Luton.** (Extrait.)

« La communication faite par M. Bouley sur les maladies charbonneuses, le 11 janvier, contient la conclusion suivante :

« 2° Que du sang charbonneux qui contient des bactéries en très-grande » quantité, perd sa propriété virulente par la dessiccation et ne la récupère » pas par son délayement dans l'eau, quoique les bactéries y restent par- » faitement visibles. »

» Voici la relation de quelques faits entièrement contradictoires, sans excepter celui qui est négatif.

» *Première expérience.* — Le 5 novembre 1868, je reçus de M. Davaine, sur ma demande, du sang charbonneux desséché, et qui lui avait été adressé trois mois auparavant par M. Raimbert. Je ne fis usage de ce sang que le 20 janvier suivant, c'est-à-dire plus de cinq mois après qu'il avait été recueilli et desséché. J'en délayai une petite quantité dans de l'eau froide, et j'injectai le tout sous la peau d'un lapin. Cet animal succombait trente-six heures plus tard : son sang était infecté de bactéridies.

» *Deuxième expérience.* — J'avais desséché rapidement du sang du lapin précédent, et, après cette opération, je voulus éprouver son activité. J'en délayai quelques parcelles dans de l'eau, et j'injectai le liquide obtenu sous la peau d'un cochon d'Inde : celui-ci mourait avant la fin du deuxième jour. Il était infecté de bactéridies.

» Assuré que le sang que j'avais desséché a encore toute sa virulence, je le conserve pour l'essayer à certains intervalles et savoir pendant combien de temps les bactéridies gardent leur faculté de reviviscence.

» *Troisième expérience.* — J'avais recueilli, au mois d'octobre 1868, du sang d'un mouton charbonneux et je l'avais desséché un peu trop lentement. Je ne l'éprouvai que le 20 janvier dernier, soit environ trois mois après. J'en diluai une assez grande proportion dans de l'eau et je l'injectai sous la peau d'un cochon d'Inde. L'insuccès fut complet, l'animal ne périt pas. Il était, du reste, évident à l'état microscopique que les bactéridies du sang desséché par moi avaient subi un certain degré d'altération.

» Voilà donc des faits qui prouvent :

» 1° Que du sang charbonneux, desséché avant qu'il ait pu éprouver aucune décomposition putride, conserve son pouvoir virulent au moins pendant cinq mois ;

» 2° Que du sang charbonneux desséché trop lentement, et ayant subi un commencement de fermentation putride, n'est plus apte à transmettre la maladie charbonneuse. »

ANATOMIE MICROSCOPIQUE. — *Des cellules et des noyaux tubulaires des tendons.* Note de **M. Ranvier**, présentée par M. Claude Bernard.

« Les recherches sur lesquelles j'ai l'honneur d'appeler l'attention de l'Académie ont été faites dans le laboratoire de M. Claude Bernard, au Collége de France.

» Mes observations ont porté sur des animaux divers : le chien, le lapin, le rat, la souris, la taupe, la grenouille et le triton. Chez tous ces animaux, les éléments cellulaires des tendons présentent des dispositions analogues. Pour les reconnaître, il faut choisir des tendons assez minces, afin de pouvoir les examiner sans y pratiquer de section.

» Chez les vertébrés, les muscles spinaux se terminent dans la queue par des tendons fort grêles, légèrement aplatis, dont quelques-uns se poursuivent en gardant le même diamètre depuis la base de la queue jusqu'à la dernière vertèbre. Ces tendons glissent dans une gaîne synoviale commune et sont recouverts de cellules épithéliales plates, semblables à celles de toutes les membranes séreuses. Cette disposition permet de les extraire facilement, sans leur faire éprouver de tiraillement ni de torsion. Une fois isolés, les tendons sont placés sur une lame de glace et fixés à leurs deux bouts avec de la cire d'Espagne. On les colore à l'aide de la solution ammoniacale de carmin, on lave à l'eau distillée et l'on fait agir l'acide acétique.

» Ce dernier réactif rend les faisceaux consécutifs transparents, et l'on distingue alors des traînées parallèles, d'une régularité parfaite, parcourant le tendon suivant sa longueur. A un grossissement de 250 diamètres, on reconnait que ces traînées sont constituées par de petits cylindres, ayant $0^{mm},003$ de diamètre, et $0^{mm},020$ de longueur. Ces cylindres sont fortement colorés en rouge. Leurs bords sont réguliers et parallèles, et leurs extrémités sont coupées à vive arête. Ces cylindres sont séparés les uns des autres par des disqnes, ayant 1 à 2 millièmes de millimètre de longueur, et formés par une substance grenue colorée plus faiblement par le carmin.

» Si l'on coupe alors le tendon, de manière à le détacher des deux masses de cire à cacheter qui le maintenaient étendu, on le voit, sous l'influence de l'acide acétique, revenir peu à peu sur lui-même, et perdre la moitié et même les deux tiers de sa longueur. Si l'on observe de nouveau au micro-

scope, on remarque des changements considérables dans la disposition des traînées et des cylindres indiqués précédemment. Ceux-ci ne participent pas au retrait de la substance fibreuse qui les sépare. Ils se pressent par leurs extrémités, se disposent les uns à la suite des autres en formant des angles, et produisent par leur ensemble une ligne brisée dont les segments sont égaux entre eux. Si le retrait de la substance fibreuse est plus considérable, les cylindres deviennent sinueux, ondulés, et même se contournent en tire-bouchons.

» Ces éléments, devenus onduleux sous l'influence d'un artifice de préparation, ont été observés par Henle, qui les considérait comme des éléments particuliers et les a décrits sous le nom de *fibres spirales des tendons*. Du reste tous les micrographes commettent une erreur analogue lorsqu'ils considèrent la forme serpentine des noyaux musculaires de la vie organique comme spécifique, alors qu'elle est due à un retrait de la substance musculaire sous l'influence acétique, retrait auquel le noyau ne participe pas. Je me suis assuré qu'il en est bien ainsi en examinant, avec les réactifs ordinaires, des faisceaux de muscles lisses maintenus tendus au moyen de la cire à cacheter.

» Lorsque l'on comprime les tendons colorés et placés dans l'acide acétique, on parvient à isoler les traînées de cylindres précédemment indiquées, et l'on remarque qu'elles sont limitées par une membrane anhyste extrêmement mince et continue, formant un véritable tube. Pour avoir des notions plus complètes sur ces différentes parties, il faut les étudier sur des animaux n'ayant pas encore achevé leur développement. Il convient aussi d'avoir recours à d'autres modes de préparation.

« *A*. Chez les animaux jeunes, les traînées ne sont pas enveloppées par une membrane anhyste, et une pression légère, en aplatissant le tendon, en écarte les parties et suffit pour amener de grands changements dans les éléments dont j'ai parlé. Les petits cylindres s'entrouvrent, et l'on reconnaît qu'ils sont formés par une lame enroulée, qui se déroule et s'étale. Cette lame occupe le centre d'une cellule plate quadrilatère, et doit être considérée comme un véritable noyau. La cellule elle-même n'est autre chose qu'une lame déroulée. Chaque cellule enroulée est soudée par ses extrémités à une cellule semblable, et de leur réunion résulte un tube formé de cellules placées bout à bout. Les traînées dont il a été tout d'abord question sont donc de véritables tubes cellulaires, qui présentent une certaine analogie avec les vaisseaux des végétaux, mais qui en diffèrent par certains points, les vaisseaux des végétaux résultant de cellules placées bout à bout

et ouvertes les unes dans les autres, tandis que les canaux des tendons sont formés par des cellules plates, enroulées et soudées par leurs bords. De plus, les cellules végétales qui forment les vaisseaux proviennent d'une élaboration du protoplasma; les cellules de nos canaux, au contraire, sont constituées par le protoplasma de la cellule, aplati et étalé en membrane.

» *B*. Si l'on applique la méthode de l'imprégnation d'argent à l'étude des tendons, on reconnaît : une couche formée par des cellules épithéliales aplaties, limitées par le dépôt d'argent; au-dessous, du tissu connectif ordinaire, avec des espaces plasmatiques, larges, étoilés et anastomosés, puis le tissu du tendon lui-même, dont la substance fibreuse est imprégnée d'argent. Les tubes cellulaires sont ménagés par le dépôt, et apparaissent comme des trainées claires, à bords parallèles, coupées par des lignes transversales foncées et équidistantes. Ces lignes correspondent évidemment au point d'union des différentes cellules enroulées qui forment les tubes cellulaires.

» On ne connaissait, dans les êtres vivants, aucun élément dont la forme fût comparable aux cellules et aux tubes que je viens de décrire.

» Ces tubes semblent destinés à charrier les sucs nutritifs des tendons. Ce sont donc des canaux plasmatiques d'une nouvelle espèce. »

MM. **Lemozy** et **Magnien** signalent l'apparition d'un bolide observé à Trémont, près Tournus (Saône-et-Loire), dans la soirée du 26 janvier, vers 8 heures : il se dirigeait du S.-O. au N.-E.

M. **Bianchi** adresse de Toulouse une Note relative à la constitution des protubérances solaires. Selon lui, ces protubérances seraient des masses montagneuses, émettant peut-être les matières gazeuses dont l'étude spectrale révèle l'existence autour d'elles.

A 5 heures un quart, l'Académie se forme en comité secret.

La séance est levée à 6 heures. É. D. B.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

L'Académie a reçu, dans la séance du 1er février 1869, les ouvrages dont les titres suivent :

Mission scientifique au Mexique et dans l'Amérique Centrale; ouvrage publié par ordre de S. M. l'Empereur et par les soins du Ministre de l'Instruction publique. Géologie. — Voyage géologique dans les républiques de Guatemala et Salvador; par MM. A. DOLLFUS *et* E. DE MONT-SERRAT. Paris, 1868; in-folio avec planches.

Atlas des mouvements généraux de l'atmosphère, année 1865. — Janvier, février, mars. Rédigé par l'Observatoire impérial de Paris sur les documents fournis par les observatoires et les marines de la France et de l'Étranger; publié sous les auspices du Ministre de l'Instruction publique et avec le concours de l'Association scientifique de France. Paris, 1869; in-folio oblong.

Asie Mineure. — Description physique de cette contrée; par M. P. DE TCHIHATCHEF. — Quatrième partie : *Géologie*, t. II et III. Paris, 1869; 2 vol. grand in-8°. (Présentés par M. Élie de Beaumont.)

Histoire des plantes. — Monographie des Anonacées; par M. H. BAILLON. Paris, 1868; grand in-8° avec figures.

Histoire des plantes. — Monographie des Monimiacées; par M. H. BAILLON. Paris, 1869; grand in-8° avec figures. (Ces deux ouvrages sont présentés par M. Trécul.)

Recueil de Mémoires de Médecine, de Chirurgie et de Pharmacie militaires, rédigé sous la surveillance du Conseil de santé et publié par ordre du Ministre de la Guerre. 3e série, t. XXI. Paris, 1868; in-8°.

Éléments de Géologie (*Géologie de la France*); *par* M. V. RAULIN. Paris, 1868; in-12 avec figures.

Les saisons. — Études de la nature; par M. F. HOEFER, 2e série. Paris, 1868; in-12. (Présenté par M. de Quatrefages.)

Le bassin d'Arcachon. Son importance. Question huîtrière. Bordeaux, 1868; br. in-8°.

Le cimetière de Méry-sur-Oise et les sépultures en général; par M. J. LEMAIRE. Paris, 1869; br. in-8°.

Recherches sur la nature des miasmes fournis par le corps de l'homme en

santé; par M. J. LEMAIRE. Paris, 1868; br. in-8°. (Extrait de la *Gazette médicale de Paris.*)

Le typhus, le choléra, la peste, la fièvre jaune, la dysenterie, les fièvres intermittentes et la pourriture d'hôpital sont-ils dus aux infusoires qui jouent le rôle de ferment? par M. J. LEMAIRE. Paris, 1868; br. in-8°. (Extrait de la *Gazette médicale de Paris.*)

Recherches sur le rôle des infusoires, pour servir à l'histoire de la pathologie animée; par M. J. LEMAIRE. Paris, 1868; br. in-8°. (Extrait de la *Gazette médicale de Paris.*)

Zoologie vétérinaire. — Note les Strongyliens et les Sclérostomiens de l'appareil digestif des bêtes ovines; par M. C. BAILLET. Paris, 1868; br. in-8°.

Memorie... *Mémoires de la Société italienne des Sciences fondée par* A. M. LORGNA, 3e série, t. Ier. Florence, 1868; in-4° avec planches.

Atti... *Actes de la Société économique de Chiavari, juillet* 1868. Chiavari, 1868; br. in-8°. (Présenté par M. de Verneuil.)

Intorno... *Note sur la vie et les écrits de Wolfgang et Giovanni Bolyai de Bolya, mathématiciens hongrois; par* M. A. FORTI. Rome, 1868; in-4°. (Présenté par M. Chasles.)

Sulla... *Sur l'époque de la cécité complète de Galilée : Réponse de* M. P. VOLPICELLI *au P. Secchi.* Rome, 1868; in-8°.

Cenni... *Notices biographiques sur quelques illustres chirurgiens du siècle actuel; par* M. C.-A. FUMAGALLI. Milan, 1868; in-8°. (Présenté par M. le Baron Larrey.)

Nevralgia... *La névralgie traumatique rebelle à la névrotomie; par* M. C. FUMAGALLI. Milan, 1868; opuscule in-8°. (Présenté par M. le Baron Larrey.)

Il... *Le globe, la dynamique et la descriptive terrestre; par* M. S.-S. MOLETI. *La dynamique.* Messine, 1868; in-8°.

Note... *Note de chimie générale et de toxycologie; par* M. P. SCIVOLETTO. Naples, 1868; br. in-4°

Gli... *Les uranatmes ou étoiles tombantes de la période de novembre* 1868, *observées à Rome et à Civita-Vecchia.* Rome, 1868; opuscule in-8°.

PUBLICATIONS PÉRIODIQUES REÇUES PAR L'ACADÉMIE PENDANT LE MOIS DE JANVIER 1869.

Annales de Chimie et de Physique; par MM. CHEVREUL, DUMAS, BOUSSINGAULT, REGNAULT, WURTZ, avec la collaboration de M. BERTIN. Décembre 1868 et janvier 1869; in-8°.

Annales de l'Agriculture française; n°s 23 et 24 1868; in-8°.

Annales de la Société d'Hydrologie médicale de Paris, t. XV, 2e et 3e livraisons; 1869; in-8°.

Annales de l'Observatoire Météorologique de Bruxelles; n° 12, 1868; in-4°.

Annales des Conducteurs des Ponts et Chaussées; n°s 10 et 11, 1868; in-8°.

Annales du Génie civil; janvier 1869; in-8°.

Annales médico-psychologiques; janvier 1869; in-8°.

Atti dell' imp. reg. Istituto Veneto di Scienze, Lettere ed Arti. Venise, t. XIV, 1er cahier, 1869; in-4°.

Bibliothèque universelle et Revue suisse; n° 133, 1869; in-8°.

Bulletin de l'Académie impériale de Médecine; n^{os} des 15 et 30 décembre 1868; in-8°.

Bulletin de l'Académie royale des Sciences, des Lettres et des Beaux-Arts de Belgique; n° 12, 1868; in-8°.

Bulletin de la Société académique d'Agriculture, Belles-Lettres, Sciences et Arts de Poitiers; n°s 129 à 131, 1868; in-8°.

Bulletin de la Société d'Anthropologie de Paris; mai et juin 1868; in-8°.

Bulletin de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale; novembre et décembre 1868; in-4°.

Bulletin de la Société de Géographie; octobre 1868; in-8°.

Bulletin de la Société française de Photographie; décembre 1868; in-8°.

Bulletin de la Société industrielle de Mulhouse; novembre 1868; in-8°.

Bulletin de la Société Philomathique; avril à août 1868; in-8°.

Bulletin de Statistique municipale, publié par les ordres de M. le Baron HAUSSMANN; juillet et août 1868; in-4°.

Bulletin général de Thérapeutique; 30 décembre 1868, 15 et 30 janvier 1869; in-8°.

Bulletin hebdomadaire de l'Agriculture; n°s 2 à 5, 1869; in-8°.

Bullettino di Bibliografia e di Storia delle Scienze matematiche et fisiche; septembre 1868; in-4°.

Bullettino meteorologico dell' Osservatorio del R. Collegio Carlo Alberto; n° 11, 1868; in-4°.

Bullettino meteorologico del R. Osservatorio del Collegio Romano, n° 12, 1868; in-4°.

Catalogue des Brevets d'invention; n° 7, 1868; in-8°.

Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des Sciences; n°s 1 à 4, 1er semestre 1869; in-4°.

Cosmos; n^os^ des 2, 9, 23, 30 janvier 1869; in-8°.

Gazette des Hôpitaux; n° 152, 1868, et n°s 1 à 13, 1869; in-4°.

Gazette médicale de Paris; n°s 1 à 5, 1869; in-4°.

Journal d'Agriculture pratique; n°s 53, 1868, et n°s 1 à 4, 1869; in-8°.

Journal de Chimie médicale, de Pharmacie et de Toxicologie; janvier 1869; in-8°.

Journal de l'Agriculture, n°s 60 et 61, 1869; in-8°.

Journal de la Société impériale et centrale d'Horticulture; novembre 1868; in-8°.

Journal de l'Éclairage au Gaz; n°s 19 et 20, 1868; in-4°.

Journal de Médecine de l'Ouest; 31 décembre 1868; in-8°.

Journal de Médecine vétérinaire militaire; décembre 1868; in-8°.

Journal de Pharmacie et de Chimie; décembre 1868 et janvier 1869; in-8°.

Journal des Connaissances médicales et pharmaceutiques; n° 36, 1868, et n°s 1 à 3, 1869; in-8°.

Journal des Fabricants de Sucre; n°s 38 à 42, 1868; in-fol.

Kaiserliche... *Académie impériale des Sciences de Vienne;* n° 29, 1868, et n° 1, 1869; in-8°.

(*La suite du* Bulletin *au prochain numéro.*)

ERRATUM.

(Séance du 25 janvier 1869.)

Page 195, ligne 22, *au lieu de* 3 grammes, *lisez* 5 grammes.